

**Διερεύνηση εφαρμογής των  
οδηγιών της FIA για τον  
σχεδιασμό αγωνιστικής  
πίστας Κατηγορίας 1 στην  
Ελλάδα**

**Investigating the  
implementation of the FIA  
guidelines for the design of  
a Grade 1 race track in  
Greece.**

**ΑΘΗΝΑ 2022  
ATHENS 2022**

**Τμήμα: Πολιτικών Μηχανικών  
Department: Civil Engineer**

**Όνομα Φοιτητή: Σιαφάκας Ηλίας  
Student's Name: Siafakas Ilias**

**Όνομα Επιβλέποντα Καθηγητή: Μηλιώτη  
Χριστίνα**

**Name of the Supervising Professor:  
Milioti Christina**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**



Όνοματεπώνυμο Φοιτητή: Ηλίας Σιαφάκας

Τίτλος Διπλωματικής Εργασίας:

**Διερεύνηση εφαρμογής των οδηγιών της FIA για τον σχεδιασμό αγωνιστικής πίστας Κατηγορίας 1 στην Ελλάδα**

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι  
Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή:

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΜΗΛΙΩΤΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΠΑΔΑ	
ΤΥΡΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΔΑ	
ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΛΑΜΠΡΟΣ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΠΑΔΑ	

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2022

---

*Δήλωση συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας*

*Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Σιαφάκας Ηλίας του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 44366500226, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:*

*«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.*

*Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».*

*Ο Δηλών*

*Σιαφάκας Ηλίας*

---

*Δήλωση περί μη λογοκλοπής*

*Η Διπλωματική εργασία αυτή ολοκληρώθηκε με σκοπό απόκτησης του πτυχίου μου εκ του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών που υπάγεται στη Σχολή Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και παραδόθηκε τον μήνα Μάρτιο του έτους 2022.*

*Στο σύνολο της σύνταξης της εργασίας αυτής συγκαταλέγεται η εξ ολοκλήρου μεμονωμένη ατομική προσπάθεια εμού και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ή εμπλεκόμενο με τρίτους. Οι πηγές που έγιναν «θεμιτή χρήση» και παρουσιάζονται κατά το εύρος της εργασίας περιγράφονται αναλυτικά στην βιβλιογραφία και εμπλεκόμενα σχήματα, φωτογραφίες και εξισώσεις που ορίζονται εκ της άποψης άλλων συγγραφέων αναφέρονται στο εν λόγω σημείο χρήσης με την επιφύλαξη και την αναγνώριση του κύρους της εκάστοτε προσωπικής τους διενέργειας.*

*Σιαφάκας Ηλίας  
Αθήνα, Μάρτιος 2022*

---

*Αφιερωμένη στην Οικογένεια και τους Φίλους μου  
που με στηρίζανε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά ευχαριστώ την κ. Χριστίνα Μηλιώτη, που δέχθηκε να με αναλάβει ως επιβλέποντα καθηγήτρια. Η βοήθεια της στη σύνταξη της διπλωματικής εργασίας ήταν σημαντικότερη. Την ευχαριστώ για τον χρόνο και για την προσοχή που μου έδειξε τα δύο τελευταία εξάμηνα καθώς και για τις διορθώσεις που μου πρότεινε.

Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Κωνσταντίνο Αποστολέρη που δέχθηκε να με βοηθήσει στην υλοποίηση της ιδέας μου. Η βοήθεια του και οι γνώσεις του ήταν καταλυτικές. Κατά τη διάρκεια των συζητήσεων μας αισθάνομαι πως διεύρυνα τον κύκλο των γνώσεων μου πάνω στο αντικείμενο της οδοποιίας, έχοντας αντίκτυπο όχι μόνο στο καλύτερο αποτέλεσμα της διπλωματικής εργασίας, αλλά και στην μετέπειτα πορεία μου ως επαγγελματία μηχανικός.

Θερμές ευχαριστίες στον φίλο μου και συμφοιτητή, Αθανάσιο Παπαδάκη, για την συμβολή του στα φωτορεαλιστικά σχέδια. Οι γνώσεις του στα φωτορεαλιστικά λογισμικά και κυρίως η φαντασία και δημιουργικότητά του, δώσανε έναν πιο ρεαλιστικό και εντυπωσιακό τόνο στα σχέδια που παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στην κ. Βασιλική Σουλιώτη καθώς και σε όλη την ομάδα του Plex Earth για την παραχώρηση του λογισμικού τους άνευ χρέωσης για όσο χρονικό διάστημα θεωρούσα πως ήτανε αναγκαίο. Η χρήση αυτού του λογισμικού ήτανε καθοριστικός παράγοντας για τον τρόπο που επέλεξα να προσεγγίσω αυτή την εργασία. Ελπίζω να συνεχίζετε να στηρίζεται τέτοιες καινοτόμες ιδέες σπουδαστών.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πα.Δ.Α. καθώς και όλους τους συμφοιτητές μου για την άρτια συνεργασία που είχαμε όλα αυτά τα χρόνια. Οι γνώσεις και οι εμπειρίες που απέκτησα είναι αμέτρητες και πολύτιμες.

---

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν τεύχος παρουσιάζονται οι προδιαγραφές της FIA που πρέπει να τηρούνται για την κατασκευή αγωνιστικής πίστας Κατηγορίας 1, πίστα δηλαδή που θα μπορεί να φιλοξενεί και αγώνες Φόρμουλα 1, όπως η γεωμετρική διάταξη, καθώς και τα μέτρα ασφαλείας που χρειάζονται για τη διεξαγωγή των μηχανοκίνητων αγώνων. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μελέτη και ανάλυση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τεσσάρων υφιστάμενων αγωνιστικών πίστων. Αυτές οι πίστες είναι αυτές του Σίλβερστον, του Ιντερλάγκος, του Μπαχρέιν και της Ίμολα. Για την ανάλυση τους αποτυπώνονται μιας και δεν είναι γνωστά τα γεωμετρικά τους στοιχεία με τη χρήση του Plex Earth, μέσω του οποίου αποτυπώνονται οι πίστες στο AutoCAD σε κλίμακα 1:1. Στη συνέχεια, συσχετίζεται μαθηματικά η ακτίνα στροφής μιας πίστας με την ταχύτητα των αγωνιστικών αυτοκινήτων. Από αυτή τη συσχέτιση προκύπτει μια μαθηματική εξίσωση με την οποία μπορεί να γίνει μία βάσιμη εκτίμηση της ταχύτητας των αγωνιστικών αυτοκινήτων στις στροφές. Οι ταχύτητες των αγωνιστικών αυτοκινήτων που σχολιάζονται είναι αυτοκίνητα κατηγορίας Φόρμουλα 1. Έπειτα, προτείνεται η κατασκευή αγωνιστικής πίστας Κατηγορίας 1 στην Ελλάδα που θα πληρεί πλήρως τις προδιαγραφές και θα δύναται να είναι εντελώς λειτουργική. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα σχέδια της, όπως ορίζει η FIA. Γίνεται και μία μελέτη όσο αναφορά για την εύρεση της ιδανικής τοποθεσίας καθώς και για τη σύνδεσή της με το ήδη υπάρχον οδικό δίκτυο.

---

## **ABSTRACT**

This thesis presents the FIA specifications that must be met for the construction of a Grade 1 race track, i.e. a track that can also host Formula 1 races including, the geometric layout, as well as the safety measures needed to conduct motor racing. Then some existing racing tracks are analyzed to investigate their geometric design characteristics. These tracks are those of Silverston, Interlagos, Bahrain and Imola. In order to analyze these racing tracks, they are imprinted using the Plex Earth software, through which the tracks will be captured in AutoCAD on a scale of 1:1. The turning radius of a track is mathematically correlated with the speed of the race cars. From this correlation emerges a mathematical equation with which a valid estimation of the speed of racing cars in corners can be made. The speed of the racing cars that are commented on are Formula 1 class cars. Then, it is proposed on my behalf to construct a Grade 1 race track in Greece that will fully meet the standards and will be able to be completely functional. Its plans are presented in detail, as defined by the FIA. A study regarding the ideal location as well as its connection with the existing road network is also conducted.



## Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	15
1.1	Ιστορική Αναδρομή	16
1.2	Διεθνής Ομοσπονδία Αυτοκινήτου (FIA)	16
1.3	Πίστα Σερρών (Serres Circuit)	16
1.4	Χέρμαν Τιλκ	16
1.5	Μηχανοκίνητος Αθλητισμός	17
1.6	Οδική Ασφάλεια	17
1.7	Αυτοκινητοβιομηχανίες	18
1.8	Στόχος	18
1.9	Μέθοδος Εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας	18
2.	Προδιαγραφές Κατασκευής Αγωνιστικής Πίστας Κατηγορίας 1	19
2.1	Κατηγορίες Αγωνιστικών Πιστών FIA	19
2.2	Διερεύνηση των Κανονισμών της FIA	20
2.3	Υποδομές για την Επίβλεψη των Αγώνων και την Ασφάλεια των Οδηγών όπως και του Κοινού	24
2.4	Λογισμικό Πρόβλεψης Ατυχημάτων Circuit & Safety Analysis System (CSAS)	25
2.5	Εμπόδια	26
2.6	Οδοστρωσία	30
3.	Μελέτη Υφιστάμενων Αγωνιστικών Πιστών Κατηγορίας 1	31
3.1	Πίστα του Σίλβερστον (Silverstone Circuit)	31
3.2	Πίστα του Ιντερλάγκος (Autódromo José Carlos Pace, Interlagos Circuit)	37
3.3	Πίστα του Μπαχρέιν (Bahrain Circuit)	43
3.4	Πίστα της Ίμολα (Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari, San Marino GP, Imola)	49
4.	Σύγκριση των Υφιστάμενων Αγωνιστικών Πιστών	55
4.1	Γεωμετρικά Στοιχεία	55
4.2	Σχέση Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής	56
5.	Σχεδιασμός Αγωνιστικής Πίστας Κατηγορίας 1	60
5.1	Οριζοντογραφία	60
5.2	Μηκοτομή	68
5.3	Διατομές	71
5.4	Οδοστρωσία	80
5.5	Υποδομές	81
5.6	Τοποθεσία	87

---

6.	Συμπεράσματα.....	90
7.	Αναφορές.....	93
	7.1 Βιβλιογραφία – Πηγές .....	93
	7.2 Λογισμικά .....	95
8.	Παραρτήματα .....	96

## Ευρετήριο Πινάκων - Διαγραμμάτων

Πίνακας 2.1, Κατηγορίες Αγωνιστικών Πιστών.....	19
Πίνακας 2.2, Εύρεση Συντελεστή $L$ .....	21
Πίνακας 2.3, Εύρεση Συντελεστή $W$ .....	23
Πίνακας 2.4, Εύρεση Συντελεστή $T$ .....	23
Πίνακας 2.5, Εύρεση Συντελεστή $G$ .....	23
Πίνακας 3.1, Στοιχεία του Silverstone Circuit.....	35
Διάγραμμα 3.2, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Silverstone Circuit).....	36
Πίνακας 3.3, Στοιχεία του Autódromo José Carlos Pace (Interlagos Circuit).....	41
Διάγραμμα 3.4, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Interlagos Circuit).....	42
Πίνακας 3.5, Στοιχεία του Bahrain Circuit.....	47
Διάγραμμα 3.6, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Bahrain Circuit).....	48
Πίνακας 3.7, Στοιχεία του Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola), Imola Circuit.....	53
Διάγραμμα 3.8, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Imola Circuit).....	54
Πίνακας 4.1, Γεωμετρικά Στοιχεία Πιστών.....	55
Διάγραμμα 4.2, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Silverstone Circuit).....	57
Διάγραμμα 4.3, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Interlagos Circuit).....	57
Διάγραμμα 4.4, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Bahrain Circuit).....	58
Διάγραμμα 4.5, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Imola Circuit).....	58
Διάγραμμα 4.6, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Σύγκριση).....	59
Διάγραμμα 4.7, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Εύρεση Εξίσωσης).....	59
Πίνακας 5.1, Στοιχεία Αγωνιστικής Πίστας.....	64
Πίνακας 5.2, Εύρεση Ελάχιστης Ακτίνας Μηκοτομής.....	68
Πίνακας 5.3 (α), Στοιχεία Μηκοτομής.....	69
Πίνακας 5.3 (β), Στοιχεία Μηκοτομής.....	69
Πίνακας 5.3 (γ), Στοιχεία Μηκοτομής.....	70
Πίνακας 5.3 (δ), Στοιχεία Μηκοτομής.....	70
Πίνακας 5.4, Στοιχεία Διατομών.....	80

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα Εξωφύλλου, <i>Αγωνιστική Πίστα Olympic Circuit</i> .....	1
Εικόνα 1.1, <i>Chaos (Spyros Panopoulos Automotive)</i> .....	15
Εικόνα 1.2, <i>FIA</i> .....	16
Εικόνα 1.3, <i>Χέρμαν Τιγκ</i> .....	16
Εικόνα 2.1, <i>Εμπόδια Ελαστικών, Aaren Russell Taz-Douglas (2017)</i> .....	27
Εικόνα 2.2, <i>Εμπόδιο με Ελαστικά</i> .....	27
Εικόνα 2.3, <i>Μετωπική Σύγκρουση</i> .....	28
Εικόνα 2.4, <i>Κέλφος Ασφαλείας</i> .....	29
Εικόνα 2.5, <i>Σύγκρουση σε Εμπόδιο στη πίστα του Μπαχρέιν</i> .....	29
Εικόνα 2.6, <i>Κατασκευή COTA</i> .....	30
Εικόνα 3.1, <i>Silverstone Circuit</i> .....	31
Εικόνα 3.2, <i>Αποτύπωση Silverstone Circuit</i> .....	31
Εικόνα 3.3, <i>Αποτύπωση Silverstone Circuit</i> .....	33
Εικόνα 3.4, <i>Πορεία Αγωνιστικών Αυτοκινήτων στο Silverstone Circuit</i> .....	34
Εικόνα 3.5, <i>Θέσεις Στάθμευσης του Silverstone Circuit</i> .....	36
Εικόνα 3.6, <i>Autódromo José Carlos Pace (Interlagos Circuit)</i> .....	37
Εικόνα 3.7, <i>Αποτύπωση Autódromo José Carlos Pace (Interlagos Circuit)</i> .....	38
Εικόνα 3.8, <i>Αποτύπωση Autódromo José Carlos Pace (Interlagos Circuit)</i> .....	39
Εικόνα 3.9, <i>Πορεία Αγωνιστικών Αυτοκινήτων στο Autódromo José Carlos Pace (Interlagos Circuit)</i> .....	40
Εικόνα 3.10, <i>Θέσεις Στάθμευσης του Autódromo José Carlos Pace (Interlagos Circuit)</i> .....	42
Εικόνα 3.11, <i>Bahrain Circuit</i> .....	43
Εικόνα 3.12, <i>Αποτύπωση Bahrain Circuit</i> .....	44
Εικόνα 3.13, <i>Αποτύπωση Bahrain Circuit</i> .....	45
Εικόνα 3.14, <i>Πορεία Αγωνιστικών Αυτοκινήτων στο Bahrain Circuit</i> .....	46
Εικόνα 3.15, <i>Θέσεις Στάθμευσης του Bahrain Circuit</i> .....	48
Εικόνα 3.16, <i>Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola) ,Imola</i> .....	49
Εικόνα 3.17, <i>Αποτύπωση Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola) ,Imola</i> .....	50
Εικόνα 3.18, <i>Αποτύπωση Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola) ,Imola</i> .....	51
Εικόνα 3.19, <i>Πορεία Αγωνιστικών Αυτοκινήτων στο Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola) ,Imola</i> .....	52
Εικόνα 3.20, <i>Θέσεις Στάθμευσης του Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola) ,Imola</i> .....	54
Εικόνα 5.1, <i>Οριζοντογραφία Αγωνιστικής Πίστας, Μοντέλο</i> .....	61
Εικόνα 5.2, <i>Υπόμνημα της FIA για τον Σχεδιασμό Αγωνιστικής Πίστας</i> .....	62
Εικόνα 5.3, <i>Πορεία Αυτοκινήτων</i> .....	62
Εικόνα 5.4, <i>Οριζοντογραφία Αγωνιστικής Πίστας, Γεωμετρικές Λεπτομέρειες</i> .....	63
Εικόνα 5.5, <i>Αγωνιστική Πίστα 1/3</i> .....	65
Εικόνα 5.6, <i>Αγωνιστική Πίστα 2/3</i> .....	66
Εικόνα 5.7, <i>Αγωνιστική Πίστα 3/3</i> .....	67
Εικόνα 5.8, <i>Μηκοτομή 1/5</i> .....	70
Εικόνα 5.9, <i>Μηκοτομή 2/5</i> .....	70

Εικόνα 5.10, <i>Μηκοτομή 3/5</i> .....	70
Εικόνα 5.11, <i>Μηκοτομή 4/5</i> .....	70
Εικόνα 5.12, <i>Μηκοτομή 5/5</i> .....	71
Εικόνα 5.13, <i>Αγωνιστικό αυτοκίνητο, Formula 1</i> .....	71
Εικόνα 5.14, <i>Διατομή 1</i> .....	72
Εικόνα 5.15, <i>Διατομή 2</i> .....	73
Εικόνα 5.16, <i>Διατομή 3</i> .....	74
Εικόνα 5.17, <i>Διατομή 4</i> .....	75
Εικόνα 5.18, <i>Διατομή 5</i> .....	76
Εικόνα 5.19, <i>Διατομή 6</i> .....	77
Εικόνα 5.20, <i>Διατομή 7</i> .....	78
Εικόνα 5.21, <i>Διατομή 8</i> .....	79
Εικόνα 5.22, <i>Πάχος Οδοστρωσίας</i> .....	81
Εικόνα 5.23, <i>Pit Stop</i> .....	82
Εικόνα 5.24, <i>Κέντρο Υγείας</i> .....	82
Εικόνα 5.25, <i>Θέση Ασφαλείας</i> .....	82
Εικόνα 5.26, <i>Control Room - Κερκίδες S1</i> .....	83
Εικόνα 5.27, <i>Κερκίδες S11</i> .....	83
Εικόνα 5.28, <i>Πάρκο Αναψυχής</i> .....	83
Εικόνα 5.29, <i>Χώρος Στάθμευσης</i> .....	84
Εικόνα 5.30, <i>Μοντέλο της Αγωνιστικής Πίστας</i> .....	84
Εικόνα 5.31, <i>Φωτορεαλιστική Απεικόνιση 1</i> .....	85
Εικόνα 5.32, <i>Φωτορεαλιστική Απεικόνιση 2</i> .....	86
Εικόνα 5.33, <i>Φωτορεαλιστική Απεικόνιση 3</i> .....	86
Εικόνα 5.34, <i>Σπάτα, Δυτικά του Αεροδρομίου</i> .....	87
Εικόνα 5.35, <i>Μοντέλο της Αγωνιστικής Πίστας στα Σπάτα</i> .....	88
Εικόνα 5.36, <i>Σύνδεση της Αγωνιστικής Πίστας με το Οδικό Δίκτυο</i> .....	88
Εικόνα 5.37, <i>Τυπική Διατομή Δρόμου</i> .....	89
Εικόνα 5.38, <i>Φωτορεαλιστική Απεικόνιση 4</i> .....	89
Εικόνα 6.1, <i>Olympic Circuit Logo</i> .....	90
Εικόνα 6.2, <i>Jeddah Race Circuit</i> .....	91

---

## Συντομογραφίες

ADR	Accident Data Recorder
ASN	National Sporting Authority
COTA	Circuit of the America
CSAS	Circuit & Safety Analysis System
FIA	Fédération Internationale de l'Automobile
FIM	Fédération Internationale de Motocyclisme
S1	Ευθεία Αγωνιστικής Πίστας 1 (Straight 1)
T1	Στροφή Αγωνιστικής Πίστας 1 (Turn 1)
WRC	World Rally Championship
MMM	Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

# 1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται και στην Ελλάδα μια αύξηση στην δημοτικότητα του μηχανοκίνητου αθλητισμού, με όλο και περισσότερες ομάδες ανθρώπων να ασχολούνται με σχεδιασμό ή βελτίωση της απόδοσης των αυτοκινήτων κτλ.



Σε αυτή την προσπάθεια είναι φανερή η έλλειψη υποδομών, κυρίως με την απουσία χώρων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την πρόοδο σε αυτόν τον τομέα, όπως είναι οι επαγγελματικές αγωνιστικές πίστες.

Ακόμη μέχρι και σήμερα, ως αγωνιστικές πίστες στη χώρα μας χρησιμοποιούνται κυρίως είτε εγκαταλειμμένοι διάδρομοι αεροδρομίων, είτε διαμορφωμένοι χώροι

στάθμευσης, οι οποίοι δεν είναι αρκετά ασφαλείς και ούτε βοηθάνε στην εξέλιξη του αθλήματος.

## 1.1 Ιστορική Αναδρομή

Οι πρώτοι αγώνες αυτοκινήτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης ξεκίνησαν λίγο μετά την εμφάνιση των οχημάτων στην αγορά. Ο πρώτος οργανωμένος αγώνας πραγματοποιήθηκε στις 28 Απριλίου του 1887 στη Γαλλία σε μια πίστα αγώνων μήκους 2 χιλιομέτρων. Ύστερα, ο κόσμος προσπάθησε να εξελίξει τον μηχανοκίνητο αθλητισμό. Αυτό γινόταν με δύο τρόπους. Με τη βελτίωση των αυτοκινήτων και την αναβάθμιση των αγωνιστικών πιστών. Η πρώτη πίστα που κατασκευάστηκε αποκλειστικά με σκοπό τη φιλοξενία τέτοιων αγώνων ήταν το Μπρούκλαντς (Brooklands) στην Αγγλία, η οποία βρισκόταν σε λειτουργία από το 1907 μέχρι το 1939. Συνηθιζόταν οι πίστες να κατασκευάζονται εμπειρικά, χωρίς κάποιο σχέδιο, ακολουθώντας το ανάγλυφο της εκάστοτε τοποθεσίας και καλύπτοντας τις τοπικές ανάγκες. Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη στο κλάδο των μηχανικών ήρθε και μεγάλη βελτίωση στον σχεδιασμό των πιστών. Πλέον, κάθε πίστα που σχεδιάζεται πρέπει να καλύπτει μια σειρά από κανονισμούς και προδιαγραφές. Κυρίως δίνεται μεγάλη βαρύτητα στην ασφάλεια των οδηγών αλλά και του κοινού ενώ παράλληλα γίνεται προσπάθεια για την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των αυτοκινήτων που αγωνίζονται στο μέγιστο βαθμό [18].

## 1.2 Διεθνής Ομοσπονδία Αυτοκινήτου (FIA)

Η Διεθνής Ομοσπονδία Αυτοκινήτου FIA (Fédération Internationale de l'Automobile), είναι μια ομοσπονδία που ιδρύθηκε στις 20 Ιουνίου 1904 για να εκπροσωπεί τα συμφέροντα των αυτοκινητοβιομηχανιών και των χρηστών αυτοκινήτων. Για το ευρύ κοινό, η FIA είναι ως επί το πλείστον

γνωστή ως το διοικητικό όργανο για πολλές εκδηλώσεις αγώνων αυτοκινήτων, όπως η γνωστή Φόρμουλα 1. Η FIA προωθεί επίσης την οδική ασφάλεια σε όλο τον κόσμο.



Εικόνα 1.2, FIA

Ο σημαντικότερος ρόλος της είναι στην αδειοδότηση και την επιβολή κυρώσεων της Φόρμουλα 1, του Παγκόσμιου Πρωταθλήματος Ράλι, του Παγκόσμιου Πρωταθλήματος Αντοχής, του Παγκόσμιου Κυπέλλου Αυτοκινήτου Περιοδείας, του Παγκόσμιου Πρωταθλήματος Ράλλυκρος, της Φόρμουλα E και διαφόρων άλλων μορφών αγώνων. Η FIA μαζί με τη Διεθνή Ομοσπονδία Μοτοσυκλετισμού (FIM) πιστοποιούν επίσης τις προσπάθειες ρεκόρ ταχύτητας ξηράς. Η Διεθνής Ολυμπιακή Επιτροπή αναγνώρισε προσωρινά την ομοσπονδία το 2011 και της χορήγησε πλήρη αναγνώριση το 2013 [26].

### 1.3 Πίστα Σερρών (Serres Circuit)

Η πίστα στις Σέρρες είναι η μοναδική πίστα στην Ελλάδα, αλλά και στα Βαλκάνια που έχει πιστοποίηση FIA. Έχει την δυνατότητα να φιλοξενήσει μέχρι και αγώνες Φόρμουλα 3. Το μήκος της είναι 3,187 χιλιόμετρα ενώ συνολικά έχει 16 στροφές. Μπορεί να φιλοξενήσει μέχρι και 6.500 θεατές [1].

### 1.4 Χέρμαν Τιλκ

Ο Χέρμαν Τιλκ (Hermann Tilke) είναι πρώην οδηγός Φόρμουλα 1, πολιτικός μηχανικός και σχεδιαστής αγωνιστικών πιστών έχοντας σχεδιάσει πολλές από τις πίστες Φόρμουλα 1 που γνωρίζουμε. Ο Τιλκ είναι



Εικόνα 1.3, Χέρμαν Τιλκ

ένας από τους τέσσερις σχεδιαστές που αναγνωρίζονται από τη FIA, αλλά με εξαίρεση τον επανασχεδιασμό του Σίλβερστον το 2010, ήταν ο μόνος που του ανατέθηκε να σχεδιάσει πίστες της Φόρμουλα 1 [24].

Η εταιρεία του Τιλκ εξασφάλισε τις συμβάσεις για το σχεδιασμό πολλών νέων αγωνιστικών πιστών υψηλού προφίλ από το μηδέν, κυρίως στην Ασία αλλά και στην ανατολική Ευρώπη. Σχεδίασε την αγωνιστική πίστα στο Σεπάνγκ, τη Διεθνή Πίστα του Μπαχρέιν, Τη Διεθνή Πίστα της Σαγκάη, την Αγωνιστική Πίστα της Κωνσταντινούπολης, την Αγωνιστική Πίστα της Βαλένθια, την Αγωνιστική Πίστα των κόλπων της Γιας Μαρίνας, τη Διεθνή Πίστα της Κορέας και τη Διεθνή Πίστα του Μπουντχ. Ο Τιλκ σχεδίασε επίσης το νέα πίστα της Αμερικής στο Όστιν του Τέξας. Τα τελευταία σχέδια της εταιρείας του Τιλκ περιλαμβάνουν τη Πίστα του Σόχι που φιλοξένησε τον πρώτο του αγώνα το 2014 με το



---

ντεμπούτο της Ρωσίας στη Φόρμουλα 1, το Κουβέιτ (Kuwait Motor Town) που άνοιξε επίσημα το 2019 και το Ανόι (Hanoi Street Circuit) που είχε οριστεί για έναν εναρκτήριο αγώνα τον Απρίλιο του 2020, αλλά ακυρώθηκε λόγω του COVID-19 [24].

Τα σχέδια του Τιλκ έχουν γίνει αντικείμενο κριτικής. Ένα άρθρο του 2009 της Guardian έγραφε ότι ο Τιλκ έχει κατηγορηθεί για βαρετές πίστες και, ακόμα χειρότερα, για σφαγή θρυλικών πιστών όπως του Χόκενχαϊμ. Ο πρώην οδηγός και νυν ιδιοκτήτης ομάδας, ο Τζακ Στέγουαρτ, κατηγορεί τον σχεδιασμό του Τιλκ λόγω έλλειψης σημείων προσπέρασης και πως έχει δώσει παραπάνω σημασία από ότι χρειάζεται στην ασφάλεια, κάνοντας τις πίστες του βαρετές. Επίσης, λόγω της βάσης που έχει δώσει στην ασφάλεια τα αγωνιστικά αυτοκίνητα δε τιμωρούνται ουσιαστικά για τυχών λάθη που κάνουν. Ο Τιλκ αρέσκεται μετά το πέρας των στροφών αντί να χρησιμοποιεί αμμοπαγίδες όπως συνηθίζεται, να χρησιμοποιεί ασφαλτοστρωμένους Χώρους Διαφυγής (Run of Area) οι οποίοι δεν προκαλούν κάποιο πρόβλημα στο αυτοκίνητο και έτσι οι οδηγοί δεν διστάζουν ιδιαίτερα να τους χρησιμοποιήσουν εάν ζοριστούν ή εάν φυσικά χάσουν τον έλεγχο, χωρίς να επηρεαστεί ο χρόνος τους, κάτι το οποίο ίσως είναι άδικο για κάποιον οδηγό που είναι σωστός. Φυσικά υπάρχουν και αυτοί που τον στηρίζουν λέγοντας πως ο Τιλκ καταλαβαίνει τις απαιτήσεις των σύγχρονων αυτοκινήτων, χρησιμοποιεί μεγάλες ευθείες για να κάνει πιο ενδιαφέρον τους αγώνες ενώ παράλληλα οι πίστες είναι εξοπλισμένες με αρκετά μέτρα ασφαλείας και για αυτό δεν υπάρχουν πολλά σοβαρά ατυχήματα με σοβαρούς τραυματισμούς [24].

## 1.5 Μηχανοκίνητος Αθλητισμός

Σε πολλές χώρες, όπως στη Νορβηγία, ο μηχανοκίνητος αθλητισμός κατέχει σημαντική θέση στη ζωή των ανθρώπων. Υπάρχουν αρκετές πίστες και οι μηχανοκίνητοι αγώνες είναι μέρος της καθημερινότητας των κατοίκων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλοί από τους κορυφαίους οδηγούς αγώνων που αγωνίζονται στα μεγαλύτερα πρωταθλήματα της FIA (WRC, Φόρμουλα 1), να κατάγονται από τη Νορβηγία. Στην Ελλάδα, τις τελευταίες δεκαετίες πολλοί αθλητές έχουν φέρει επιτυχίες σχεδόν σε όλα τα ομαδικά και ατομικά αθλήματα, εκτός από τον μηχανοκίνητο αθλητισμό. Η δημιουργία επαγγελματικών πιστών θα μπορούσε να βοηθήσει στην εύρεση και στην πρόοδο ταλέντων και σε αυτό τον χώρο, οι οποίοι σε βάθος χρόνου θα μπορούν να φέρουν επιτυχίες και σε αυτό τον τομέα.

## 1.6 Οδική Ασφάλεια

Η κατασκευή αγωνιστικής πίστας κατηγορίας 1 στη χώρα μας θα μπορεί να φέρει εξέλιξη και στην βελτίωση της ασφάλειας του οδικού μας δικτύου. Γενικά, όπως περιγράφεται και στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας, με τη χρήση ειδικού λογισμικού και φιλοσοφίας υπάρχει η δυνατότητα να προβλεφθεί η πορεία ενός αγωνιστικού αυτοκινήτου που έχει εκτροχιαστεί της πορείας του και πως μπορεί να αντιμετωπιστεί με όσο το δυνατό μικρότερες σωματικές και υλικές ζημιές. Αρκετές χώρες έχουν αρχίσει να ενστερνίζονται αυτή την μέθοδο και εξετάζουν το ενδεχόμενο να την προσαρμόσουν στις ανάγκες τους. Θα μπορούσε ενδεχομένως και η χώρα μας, εάν μέσω αυτών των κατασκευών αποκτηθεί αρκετή τεχνογνωσία να αρχίζουν να εξετάζονται και τέτοιες περιπτώσεις.

---

## 1.7 Αυτοκινητοβιομηχανίες

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι αγωνιστικές πίστες μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της αυτοκινητοβιομηχανίας. Δεν είναι τυχαίο που οι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν τις δικές τους αγωνιστικές πίστες. Στην Ελλάδα, ήδη αρκετές εταιρείες τα τελευταία χρόνια προσπαθούν να μπουν στον κόσμο της αυτοκινητοβιομηχανίας, επομένως απαιτούνται χώροι όπου θα μπορεί η κάθε εταιρεία να δοκιμάζει και να πειραματίζεται με το αυτοκίνητο.

## 1.8 Στόχος

Ο στόχος αυτής της διπλωματικής είναι αφενός να γίνει μία διερεύνηση του κανονιστικού πλαισίου που διέπει το σχεδιασμό αγωνιστικών πιστών και αφετέρου να αξιολογηθούν οι υποδομές και ο γεωμετρικός σχεδιασμός που παρουσιάζουν οι υφιστάμενες αγωνιστικές πίστες και να αναδειχθεί η δυνατότητα κατασκευής αγωνιστικής πίστας Κατηγορίας 1 και στη χώρα μας, ικανή δηλαδή να φιλοξενήσει μέχρι και αγώνες Φόρμουλα 1, αντάξια αυτών του εξωτερικού. Για γίνει αυτό αρχικά πρέπει το σχέδιο της πίστας να συμβαδίζει με τις προδιαγραφές που έχει ορίσει η FIA, αντικείμενο που περιγράφεται στην παρούσα έρευνα. Επιπρόσθετος στόχος είναι να συσχετιστεί μαθηματικά η ταχύτητα που μπορεί να κινείται ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο στη στροφή βάση της ακτίνας της.

## 1.9 Μέθοδος Εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

Ο βασικός στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός μιας αγωνιστικής πίστας Κατηγορίας 1 στην Ελλάδα. Για να γίνει αυτό εφικτό, πρέπει πρώτα απ' όλα να μελετηθούν και να διερευνηθούν οι κανονισμοί της FIA ώστε να γίνουν γνωστές και κυρίως κατανοητές οι προδιαγραφές. Για αυτό το λόγο στην αρχή θα παρουσιαστούν αναλυτικά όλες οι προδιαγραφές στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και την ασφαλή και ομαλή διεξαγωγή των αγώνων, όπως τις ορίζει η FIA. Για την καλύτερη κατανόηση του σχεδιασμού αγωνιστικών πιστών, είναι απαραίτητη η διερεύνηση και αξιολόγηση ήδη κάποιων υφιστάμενων πιστών, αντικείμενο που πραγματεύεται το Κεφάλαιο 3. Με αυτόν τον τρόπο διερευνάται καταρχήν η εναρμόνιση των υφιστάμενων αγωνιστικών πιστών με τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές. Ταυτόχρονα μπορεί να αξιολογηθεί η κάθε αγωνιστική πίστα ως προς τη συμπεριφορά που παρουσιάζουν τα αγωνιστικά οχήματα κατά τη διάρκεια των αγώνων. Μελετάται ο τρόπος που κινούνται καθώς και οι ταχύτητες με τις οποίες διέρχονται από τις στροφές, στοιχεία τα οποία μπορούν να εκφραστούν με μαθηματικό τρόπο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται σύγκριση των αγωνιστικών πιστών με στόχο να προκύψουν κάποια κρίσιμα συμπεράσματα αναφορικά με τον σχεδιασμό. (Κεφάλαιο 4) Όλα τα παραπάνω στοιχεία βοηθάνε στο σχεδιασμό μίας νέας πίστας και θα αξιοποιηθούν προκειμένου να γίνει ο σχεδιασμός και η χωροθέτηση εντός του ελλαδικού χώρου. Για την εξαγωγή των γεωμετρικών στοιχείων των υφιστάμενων αγωνιστικών πιστών έγινε χρήση των λογισμικών Plex Earth 5 και Google Earth. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η αποτύπωση τους και κατ' επέκταση η ενδελεχής μελέτη τους. Έπειτα, στο 5ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά ο σχεδιασμός και η χωροθέτηση της νέας προτεινόμενης αγωνιστικής πίστας στον ελλαδικό χώρο.

## 2. Προδιαγραφές Κατασκευής Αγωνιστικής Πίστας Κατηγορίας 1

Σε αυτό το Κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι προδιαγραφές για την κατασκευή μιας αγωνιστικής πίστας κατηγορίας 1. Ως αγωνιστική πίστα (Circuit Track), ορίζεται μία κλειστή διαδρομή, μόνιμη είτε προσωρινή, με αρχή και τέλος το ίδιο σημείο, κατασκευασμένη ή προσαρμοσμένη ειδικά για μηχανοκίνητους αγώνες [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 2].

### 2.1 Κατηγορίες Αγωνιστικών Πιστών FIA

Η FIA ορίζει διάφορες προδιαγραφές για την κατασκευή αγωνιστικής πίστας ανάλογα με την κατηγορία της. Έξι είναι οι βασικές κατηγορίες. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η κατηγορία 1, η οποία μπορεί να φιλοξενήσει μέχρι και αγώνες Φόρμουλα 1. Στον Πίνακα 2.1 φαίνεται ξεκάθαρα η κατηγοριοποίηση των πιστών όπως τις ορίζει η FIA. Γενικώς, οι πιο απαιτητικές προδιαγραφές βρίσκονται στην κατηγορία 1. Συνεπώς, εάν μια πίστα έχει πιστοποιηθεί ως αγωνιστική πίστα κατηγορίας 1, θα μπορεί να φιλοξενεί κάθε είδους αγώνα, έστω και με κάποιες μικρές τροποποιήσεις.

Πίνακας 2.1, Κατηγορίες Αγωνιστικών Πιστών

Κατηγορία	Αυτοκίνητα
1	Αυτοκίνητα Group D (FIA International Formula) και Group E (Free Formula) με αναλογία βάρους/ισχύς μικρότερη από 1 κιλό/ίππο. Επίσης ιστορικά αυτοκίνητα, συμπεριλαμβανομένων μονοθέσιων F1 μετά το 1985.
1T	Δοκιμές προηγούμενων μονοθέσιων της F1 όπως ορίζονται στους αθλητικούς κανονισμούς της FIA Formula 1.
2	Αυτοκίνητα Group D και της Group E με αναλογία βάρους/ισχύς 1-2 kg/hr. Μερικά ιστορικά αυτοκίνητα.
3	Αυτοκίνητα κατηγορίας II με αναλογία βάρους/ισχύς 2-3 κιλά/ίππο. Μερικά ιστορικά αυτοκίνητα.
3E	Ηλεκτρικά αυτοκίνητα με αναλογία βάρους/ισχύς 2-3kg/hr.
4	Αυτοκίνητα κατηγορίας I, συν αυτοκίνητα κατηγορίας II με αναλογία βάρους/ισχύς άνω των 3 kg/hr. Μερικά ιστορικά αυτοκίνητα.
5	Οχήματα Εναλλακτικής Ενέργειας.
6A	Autocross
6R	Rallycross
6G	Ice Racing

## 2.2 Διερεύνηση των Κανονισμών της FIA

Πριν ακόμα ξεκινήσει η κατασκευή ενός τέτοιου έργου, θα πρέπει να έχει επιθεωρηθεί και να εγκριθεί πρώτα απ' όλα από τη FIA.

### ➤ Γεωμετρικός Σχεδιασμός – Οριζοντογραφία

Όσον αφορά τον γεωμετρικό σχεδιασμό της πίστας, πρέπει να γίνεται με κριτήριο την τροχιά που θα ακολουθήσει το όχημα, και όχι τη γεωμετρική διάταξη της πίστας. Το πλάτος προβλέπεται να είναι τουλάχιστον 12 μέτρα. Όταν το πλάτος της πίστας μικραίνει ή μεγαλώνει, αυτό πρέπει να γίνεται σταδιακά, με κλίση μεταβολής όχι μεγαλύτερη του 1/20. Το μήκος συνιστάται να κυμαίνεται από 3,5 έως 7 χιλιόμετρα. Εάν ξεπερνά τα 7 χιλιόμετρα, δυσκολεύει τον οδηγό στην εκμάθηση της πίστας κάνοντας τον επιρρεπή στα λάθη, άρα και λιγότερο ασφαλή. Το μήκος πρέπει να υπολογίζεται από την κεντρική γραμμή της πίστας (Centerline), δηλαδή το μέσο ανάμεσα στο δεξιό και αριστερό όριο. Το σχέδιο πρέπει να συμπεριλαμβάνει το μήκος των ευθειών καθώς και των στροφών, όπως και τη μαθηματική περιγραφή στις αλλαγές των καμπυλών [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 7.3].

### ➤ Γεωμετρικός Σχεδιασμός – Μηκοτομή

Σε κάθε αλλαγή κλίσης της μηκοτομής θα πρέπει να χρησιμοποιείται μια ελάχιστη κατακόρυφη ακτίνα η οποία υπολογίζεται ως εξής:  $R(m) = V^2/K$ , όπου  $V$  είναι η ταχύτητα σε χιλιόμετρα και  $K$  μία σταθερά που ισούται με το 20 για κοίλο προφίλ και 15 για κυρτό. Η τιμή του  $R$  θα πρέπει να μειώνεται επαρκώς κατά μήκος της προσέγγισης σε τμήματα επιτάχυνσης, φρεναρίσματος καθώς και στις καμπύλες τομές. Όπου καθίσταται δυνατό, η αλλαγή κλίσης θα πρέπει να αποφεύγεται σε αυτά τα τμήματα. Η κλίση στην ευθεία της εκκίνησης δεν πρέπει να ξεπερνά το 2% [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 7.4].

### ➤ Γεωμετρικός Σχεδιασμός – Επικλίσεις

Κατά μήκος των ευθειών, η μεταβατική κλίση, για υδραυλικούς σκοπούς, ανάμεσα στα δύο άκρα της πίστας, δε πρέπει να ξεπερνά το 3% ή να είναι λιγότερο από 1,5%. Στις καμπύλες, η κλίση δε πρέπει να ξεπερνά το 10% (Εξαιρούνται κάποιες σπάνιες περιπτώσεις, πχ πίστες-αυτοκινητόδρομοι). Γενικά οι αντίθετες κλίσεις δεν είναι αποδεκτές, εκτός ειδικών συνθηκών, όπου σε αυτή τη περίπτωση δε θα πρέπει η ταχύτητα να ξεπερνά τα 125 χιλιόμετρα [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 7.5].

Σε μια καμπύλη ή σε μια σειρά καμπυλών που δεν τις διακόπτει κάποια ευθεία, για ταχύτητες που ξεπερνάνε τα 125 χιλιόμετρα είναι προτιμότερο η ακτίνα να μεγαλώνει ή τουλάχιστον να είναι συνεχής. Για καμπύλες μικρότερης ταχύτητας, μπορεί να μειώνεται η ακτίνα υπό την προϋπόθεση να παρέχεται επαρκής ασφαλή περιοχή, ακόμα και μετά το πέρας της εξόδου της καμπύλης [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 7.6].

### ➤ Μέτρα Ασφαλείας

Η πίστα πρέπει να συνορεύει σε όλο το μήκος της και στις δύο πλευρές με μια λωρίδα συμπαγούς επιφάνειας (Compact Verges), όχι τόσο ομαλή όσο είναι το ασφαλτοστρωμένο τμήμα της πίστας. Αυτές οι λωρίδες δε πρέπει να αποτελούνται από χαλαρό χαλίκι ή από μπάζα αλλά από γρασίδι. Θα πρέπει να είναι συνεχή κατά μήκος της πίστας, χωρίς κάποιο μικρό σκαλοπάτι ανάμεσα στην λωρίδα και στη πίστα. Οποιαδήποτε μετάβαση θα πρέπει να γίνεται σταδιακά. Η περιοχή διαφυγής (Run-off area) είναι το τμήμα του εδάφους μεταξύ της λωρίδας και της πρώτης γραμμής προστασίας, εκτός κι αν η λωρίδα είναι ταυτόχρονα και πρώτη γραμμή προστασίας, αν και σε αυτή τη περίπτωση θα είναι λιγότερο σταθερή. Η

περιοχή διαφυγής πρέπει να είναι στο ίδιο επίπεδο με τη λωρίδα. Εάν είναι σε κάποια πλαγιά, δε θα πρέπει η κλίση να ξεπερνά το 25% προς τα πάνω ή το 3% προς τα κάτω. Τα παραπάνω δεν εφαρμόζονται για έδαφος με χαλίκια [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 7.7].

➤ Μέτρα Ασφαλείας – Εκκίνηση

Για μια ορθή εκκίνηση, θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον 12 μέτρα μήκος γραμμής διαθέσιμη για κάθε αυτοκίνητο καθώς και τουλάχιστον 2,5 μέτρα πλάτος της πίστας διαθέσιμο για κάθε γραμμή των αυτοκινήτων. Κατά προτίμηση, η πρώτη στροφή θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 250 μέτρων από τη γραμμή εκκίνησης. Η πρώτη στροφή θα πρέπει να αλλάζει τη πορεία τουλάχιστον 45° με μια ακτίνα μικρότερη των 300 μέτρων. Σημειώνεται ότι για αγώνες Φόρμουλα 1 πρέπει να υπάρχουν μόνο δύο γραμμές αυτοκινήτων, ώστε να είναι σε ετοιμότητα να εναλλάξουν σχηματισμό. Πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον 16 μέτρα μήκους της γραμμής ανά αυτοκίνητο και 8 μέτρα μήκος πλέγματος ανά αυτοκίνητο [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 7.8].

➤ Μέτρα Ασφαλείας – Προστασία Οδηγών & του Κοινού

Τα μέτρα ασφαλείας σε κάθε πίστα είναι αναγκαία για την προστασία των θεατών, των οδηγών και για το υπόλοιπο προσωπικό. Όταν το επιτρέπουν οι συνθήκες, μολονότι είναι πιο συνετό να παρέχονται περιοχές εμποδίων ή ελεύθερες θέσεις θεατών στη περίπτωση που ένα αυτοκίνητο χάσει τον έλεγχο να μπορέσει να ανακάμψει χωρίς να συγκρουστεί, συνηθίζεται να είναι αναγκαίο ή να προτιμάται να προκληθεί ένα ατύχημα με κάποια σχετική εγγύτητα, απορροφώντας την ενέργεια του αυτοκινήτου και παρέχοντας συνθήκες στον οδηγό να ανακτήσει τον έλεγχο. Για να επιτευχθεί αυτό, διάφορα επιβραδυντικά συστήματα και εμπόδια (Stopping Barriers) εφαρμόζονται για να αποτελέσουν τη πρώτη γραμμή προστασίας. Επιπλέον, εφαρμόζονται συμπληρωματικά μέτρα για τη προστασία του κοινού. Τα μέτρα ασφαλείας που εγκαθίστανται εξαρτώνται από τον διαθέσιμο χώρο και τη πιθανή γωνία σύγκρουσης. Γενικώς, όταν η πιθανή γωνία σύγκρουσης είναι μικρή, ένα συνεχές, λείο και κάθετο εμπόδιο είναι επιθυμητό, και όπου υπάρχει μεγάλη ποσότητα ενέργειας που διαχέεται, μηχανήματα και/ή εμπόδια (Stopping Barriers) πρέπει να χρησιμοποιηθούν, σε συνδυασμό με μια περιοχή διαφυγής (Run off Area) και επιβραδυντικά συστήματα εάν υπάρχει επαρκές κατάλληλο έδαφος διαθέσιμο. Είναι επομένως απαραίτητο να παρέχεται επαρκής χώρος σε όσα σημεία χρειάζεται στον γεωμετρικό σχεδιασμό. Η FIA μπορεί να παρέχει συμβουλές μετά την εξέταση της προτεινόμενης διάταξης σε κάθε περίπτωση. Το κοινό πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο ή υψηλότερο επίπεδο από την άκρη της πίστας. Όταν το κοινό βρίσκεται σε κάποια κλίση, δε θα πρέπει αυτή η κλίση να είναι πιο απότομη από 1 προς 4, εκτός αν το έδαφος είναι υπερυψωμένο ή υπάρχει μια σωστή εξέδρα. Το κοινό πρέπει να προστατεύεται από μεταλλικό φράχτη ή άλλες αντίστοιχες υποδομές με ύψος τουλάχιστον 1,20 μέτρα και θα πρέπει να βρίσκεται πίσω από μία ή δύο γραμμές προστασίας εγκεκριμένες από τη FIA. Όλες οι δημόσιες περιοχές στις πίστες πρέπει να είναι αποτελεσματικά κλειστές με συνεχόμενα εμπόδια, όπως και οι περιοχές που είναι απαγορευμένες στο κοινό [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 8).

➤ Μέτρα Ασφαλείας – Υπηρεσίες Έκτακτης Ανάγκης

Η αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης απαιτεί έναν επαρκή αριθμό οχημάτων να αναμένουν σε περιοχές πίσω από την πρώτη γραμμή προστασίας, έχοντας πρόσβαση σε όλα τα σημεία της πίστας και των υπηρεσιακών δρόμων (Service Roads) ,ώστε να είναι ικανά αυτά τα οχήματα να φτάνουν ανεμπόδιστα σε κάθε σημείο της πίστας και στο κέντρο υγείας καθώς και στις εξόδους της πίστας, όσο το δυνατόν πιο γρήγορα, σε περίπτωση ατυχήματος. Οι υπηρεσιακοί δρόμοι πρέπει να

χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από τα οχήματα των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 10].

➤ Υποδομές για διαφημιστικές ταμπέλες

Οι υποδομές για διαφημιστικές ταμπέλες πρέπει να είναι σταθερές και ασφαλείς. Η τοποθεσία και τα χαρακτηριστικά των διαφημιστικών δε πρέπει να εμποδίζει την ορατότητα των οδηγών και των παρατηρητών. Οι διαφημίσεις ανάμεσα στη πίστα και στη πρώτη γραμμή ασφαλείας πρέπει να είναι βαμμένες ή αφίσες που να ακολουθούν ακριβώς την πορεία των εμποδίων. Οποιαδήποτε κατασκευή που έχει προστεθεί για το εκάστοτε γεγονός, όπως σήμανση, κάμερες, σημεία φρεναρίσματος πρέπει να πιστοποιηθούν από μηχανικό σχετικά με την σταθερότητα και την αντοχή και πρέπει

α) Να εγκριθεί από επιθεωρητή της FIA, εάν είναι παρών, ή

β) Να εγκριθεί από αντιπρόσωπο της ASN.

Κάθε υποδομή που βρίσκεται πίσω από την πρώτη γραμμή προστασίας θα πρέπει να βρίσκεται τουλάχιστον ένα μέτρο μακριά και δε πρέπει να εμποδίζει τη λειτουργία της πίστας ή των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης. Οποιαδήποτε συνεχής υποδομής σχετικά με διαφημίσεις μπροστά από τη δεύτερη γραμμή προστασίας πρέπει να εγκριθεί από επιθεωρητή της FIA και θα πρέπει να έχουν σημείο πρόσβασης (Τουλάχιστον 1 μέτρο πλάτος) κάθε 6-10 μέτρα [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 11].

➤ Επιτρεπόμενος Αριθμός Οχημάτων

Ο μέγιστος αριθμός των αυτοκινήτων που επιτρέπεται να λάβουν μέρος υπολογίζεται από τον εξής τύπο:  
 $N=0,36 \times L \times W \times T \times G$ , όπου

N = Ο μέγιστος αριθμός των αυτοκινήτων που επιτρέπονται (Το N στρογγυλοποιείται πάντα προς τα επάνω.)

L = Ένας συντελεστής που εξαρτάται από το μήκος της πίστας, ο οποίος δίνεται στον Πίνακα 2.2.

W = Ένας συντελεστής που εξαρτάται από το ελάχιστο πλάτος της πίστας, ο οποίος δίνεται στον Πίνακα 2.3.

T = Ένας συντελεστής που εξαρτάται από την χρονική διάρκεια του αγώνα, ο οποίος δίνεται στον Πίνακα 2.4.

G = Ένας συντελεστής που εξαρτάται από την κατηγορία των αυτοκινήτων που συμμετέχουν στον αγώνα, ο οποίος δίνεται στον Πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.2, Εύρεση Συντελεστή L

Πραγματικό μήκος της πίστας	"L"
- από 2 χιλιόμετρα έως 2,6 χιλιόμετρα	10
- από 2,6 χιλιόμετρα έως 3,2 χιλιόμετρα	11
- από 3,2 χιλιόμετρα έως 3,8 χιλιόμετρα	12
- από 3,8 χιλιόμετρα έως 4,4 χιλιόμετρα	13
- από 4,4 χιλιόμετρα έως 4,8 χιλιόμετρα	14
- από 4,8 χιλιόμετρα έως 5,2 χιλιόμετρα	15
- από 5,2 χιλιόμετρα έως 5,6 χιλιόμετρα	16
- από 5,6 χιλιόμετρα έως -	17

Πίνακας 2.3, Εύρεση Συντελεστή W

<b>Πραγματικό ελάχιστο πλάτος σε μέτρα (Στρογγυλοποιώντας προς τον κοντινότερο ακέραιο αριθμό)</b>	<b>"W"</b>
8	9
9	9
10	10
11	10
12	10
13	11,5
14	12
15	12,5

Πίνακας 2.4, Εύρεση Συντελεστή T

<b>Διάρκεια σε ώρες</b>	<b>"T"</b>
-έως 1	1
-από 1 έως 2	1,15
-από 2 έως 4	1,25
-από 4 έως 12	1,4
-από 12 έως -	1,5

Πίνακας 2.5, Εύρεση Συντελεστή G

<b>Κατηγορίες Αυτοκινήτων</b>	<b>"G"</b>
Κατηγορία N,A,B και όλα τα Ιστορικά (Historic Touring) και GT αυτοκίνητα	1
Σπορ αυτοκίνητα και απλά μονοθέσια έως 2000 κυβικά και όλα τα υπόλοιπα ιστορικά αυτοκίνητα	0,8
Σπορ αυτοκίνητα άνω των 2000 κυβικών	0,7
Μονοθέσια άνω των 2000 κυβικών	0,6

Στη περίπτωση που συμμετέχουν αυτοκίνητα διάφορων κατηγοριών, χρησιμοποιούμε τη κατηγορία με τον χαμηλότερο συντελεστή.

Κατά την διάρκεια των δοκιμαστικών γύρων ο ελάχιστος αριθμός αυτοκινήτων μπορεί να αυξηθεί έως 20% [FIA, Παράρτημα O, Συμπλήρωμα 2].

## 2.3 Υποδομές για την Επίβλεψη των Αγώνων και την Ασφάλεια των Οδηγών όπως και του Κοινού

### ➤ Διαχείριση του Αγώνα

Η διαχείριση του αγώνα γίνεται στο κτήριο της Διαχείρισης του Αγώνα (Race control), το οποίο είναι ένας χώρος που πρέπει να παρέχει στον Διευθυντή του αγώνα καθώς και στους υπαλλήλους του όλα τα επαρκή μέσα για τη διεξαγωγή του αγώνα. Συνήθως τοποθετείται στο κτήριο των συνεργείων (Pit) και πιο συγκεκριμένα στην είσοδο των pit, όχι πάνω από έναν όροφο από το έδαφος. Θα πρέπει να συνδέεται με μια ανεξάρτητη έξοδο προς την πίστα [FIA, Παράρτημα Η, Ενότητα 2.1].

### ➤ Χρονομέτρηση του Αγώνα

Ο χώρος που πραγματοποιείται η χρονομέτρηση βρίσκεται στο κτήριο του Race control, όχι στο ισόγειο αλλά τουλάχιστον στον πρώτο όροφο. Θα πρέπει να έχει πολύ καλή θέα ως προς τα φώτα εκκίνησης, τη πίστα και τα pit. Υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να χρειαστεί να τοποθετηθεί σε διαφορετική τοποθεσία [FIA, Παράρτημα Η, Ενότητα 2.2].

### ➤ Ταχύτητα Pit Stop

Σε όλες τις διεθνείς διοργανώσεις, εξαιρώντας το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Φόρμουλα 1, τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν τα pits δε πρέπει να ξεπερνούν κατά την διέλευση τους από αυτά την ταχύτητα των 60 χλμ/ώρα [FIA, Παράρτημα Η, Ενότητα 2.3].

### ➤ Επίβλεψη Πίστας

Η επίβλεψη της πίστας παρέχεται από το προσωπικό ασφαλείας (Επόπτες) που βρίσκεται στις αντίστοιχες θέσεις ασφαλείας (Marshal Posts). Στην πιο απλή μορφή τους, ακολουθούν την πορεία της πίστας, ενώ θα πρέπει να πρέπει να παρέχουν μια κατάλληλη περιοχή προστατευόμενη από τα διαγωνιζόμενα αυτοκίνητα, για το προσωπικό και τον εξοπλισμό. Η τοποθεσία των θέσεων ασφαλείας καθορίζεται για κάθε πίστα διαφορετικά, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της και με την εξής φιλοσοφία:

- Κανένα τμήμα του δρόμου δε πρέπει να ξεφεύγει από τους παρατηρητές.
- Κάθε θέση ασφαλείας θα πρέπει να μπορεί να επικοινωνεί με τη προηγούμενη και επόμενη θέση οπτικά, ή έστω να υπάρχει επιπλέον προσωπικό για την κάλυψη αυτής της ανάγκης.
- Η απόσταση μεταξύ τους δε πρέπει να ξεπερνά τα 500 μέτρα.
- Κάθε θέση ασφαλείας που είναι επανδρωμένη πάνω από δύο άτομα θα πρέπει να μπορεί να επικοινωνεί και με το Race Control.
- Σε οποιαδήποτε αλλαγή που σχετίζεται με τις θέσεις ασφαλείας, θα πρέπει να ενημερώνεται η FIA.

Σύμφωνα με τους κανόνες ασφαλείας περί λειτουργίας της κίτρινης σημαίας (ή κίτρινων φαναριών), θα πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση 1 μέτρο από την άκρη της πίστας [FIA, Παράρτημα Η, Ενότητα 2.4].

### ➤ Φώτα Εκκίνησης

Τα φώτα εκκίνησης θα πρέπει να τοποθετούνται σε μια απόσταση 10 έως 25 μέτρα μετά τη γραμμή εκκίνησης. Η κάτω σειρά των φώτων δε πρέπει να βρίσκεται σε ύψος μικρότερο από 4 μέτρα από το έδαφος. Γενικότερα, η θέση των φώτων πρέπει να καθορίζεται με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να υπάρχει η καλύτερα δυνατή ορατότητα [FIA Παράρτημα Η, Ενότητα 2.5].



### ➤ Κέντρο Υγείας

Το κέντρο υγείας πρέπει να βρίσκεται μέσα στην περίμετρο της πίστας, ιδανικά κάπου στο κέντρο, αποτελεσματικά απομονωμένο, σε κλειστή και ασφαλή περιοχή. Σε καμία περίπτωση δε πρέπει να έχει πρόσβαση το κοινό, εκτός και αν είναι μεγάλη η ανάγκη ιατρικής περίθαλψης. Η απόσταση που χρειάζεται να διασχίσει κάποιος από την πίστα έως το κέντρο υγείας πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη.

Σχετικά με την περιοχή των pit:

- Εάν η πρόσβαση προς το κέντρο υγείας βρίσκεται ανάντη, η αρχή της γραμμής εισόδου των pit μπορεί και να χρησιμοποιηθεί και για είσοδο προς το κέντρο υγείας, αρκεί να διαχωριστούν πριν το σημείο που ξεκινά η σειρά των συνεργείων.
- Εάν η πρόσβαση προς το κέντρο υγείας βρίσκεται κατάντη, για λόγους ασφαλείας, πρέπει να τοποθετείται η είσοδος προς το κέντρο υγείας πέρα από την έξοδο των pit.

Πρέπει να υπάρχει ελικοδρόμιο, σε περίπτωση που χρειαστεί ελικόπτερο [FIA, Παράρτημα Η, Συμπλήρωμα 6.1].

## 2.4 Λογισμικό Πρόβλεψης Ατυχημάτων Circuit & Safety Analysis System (CSAS)

Η πρόβλεψη της τροχιάς και της ταχύτητας ενός αυτοκινήτου όταν οδηγείται στα όρια του σε οποιαδήποτε αγωνιστική πίστα, είναι αντικείμενο μελέτης των αγωνιστικών ομάδων και το επιτυγχάνουν αυτό με τις δικές τους μεθόδους που έχουν αναπτύξει εδώ και χρόνια. Από την άλλη, τη FIA την ενδιαφέρει η πρόβλεψη της τροχιάς και ταχύτητας ενός αυτοκινήτου αφότου έχει ξεπεράσει τα όριά του και ο οδηγός δεν έχει τον έλεγχο. Οι δύο αυτές περιπτώσεις είναι πολύ διαφορετικές και η FIA έχει αναπτύξει για αυτό το σκοπό, από το μηδέν, ένα δικό τους λογισμικό, το CSAS [23].

Η γνώση της ταχύτητας του αυτοκινήτου είναι απαραίτητη, αλλά δεν υπάρχει πρόβλημα αν δεν είναι γνωστή η ακριβής ταχύτητα, μιας και διαφέρει η ταχύτητα ούτως ή άλλως από αυτοκίνητο σε αυτοκίνητο. Το CSAS λειτουργεί μέσω του AutoCAD, προσθέτοντας στην ουσία μία παραπάνω εργαλειοθήκη. Ο σχεδιασμός της πίστας πρέπει να έχει γίνει με τα σχέδια οριζοντογραφίας που ορίζει η FIA. Ορίζουμε τη τροχιά του αυτοκινήτου πάνω στη πίστα και έπειτα το λογισμικό θα είναι σε θέση να προβλέψει πιθανές πορείες των αυτοκινήτων που θα χάσουν τον έλεγχο [23].

Η συμπεριφορά ενός οδηγού που έχει καταλάβει ότι πια έχει χάσει τον έλεγχο, είναι να συνεχίσει να πατά φρένο μέχρι να σταματήσει εντελώς, πριν χτυπήσει κάτι. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να κλειδώσουν οι τροχοί του, είτε κινείται προς τα μπροστά, είτε προς τα πίσω, είτε προς τα πλάγια, ακόμα κι αν σπινάρουν οι τροχοί του, η πορεία που θα ακολουθήσει είναι μια ευθεία γραμμή, εκτός κι αν χτυπήσει κάτι άλλο στο ενδιάμεσο. Πάνω σε αυτή τη θεωρία βασίζονται όλα τα κριτήρια ασφαλείας [23].

Εάν όμως ο οδηγός δε τα παρατήσει, και προσπαθήσει απελπισμένα να ανακτήσει τον έλεγχο όπως το αυτοκίνητο σπινάρει, ή αν κάποια μηχανική βλάβη αναλάβει στην ουσία τον έλεγχο του τιμονιού, υπάρχει η πιθανότητα ορισμένες πλευρικές δυνάμεις να παράγονται από τα ελαστικά (φτάνοντας και τα 4G), κάνοντας την πορεία πια όχι ευθεία αλλά καμπύλη. Σε κάθε περίπτωση αυτή η καμπύλη δεν ανταποκρίνεται στην καμπύλη της στροφής [23].

---

Το πιο δύσκολο κομμάτι είναι να προσδιοριστούν οι απρόβλεπτες τροχιές στο σχεδιασμό, χωρίς να περιορίζεται όλη η πίστα με χώρους διαφυγής και εμπόδια. Υπάρχουν περιπτώσεις, που κάποια αεροτομή αστοχεί, κάνοντας το αυτοκίνητο να στρίψει στην ευθεία. Το αυτοκίνητο δε θα προλάβει να πέσει κάθετα στον τοίχο, αλλά θα ολισθήσει κατά μήκος του, προκαλώντας μικρές επιβραδύνσεις και τραυματισμούς στον οδηγό. Επίσης, υπάρχουν και οι περιπτώσεις που σε μια στροφή υψηλής ταχύτητας το αυτοκίνητο που χάνει τον έλεγχο παίρνει πορεία που μέχρι τότε δεν είχε προβλεφθεί, αφήνοντας το στην ουσία απροστάτευτο [23].

Τα κριτήρια ασφαλείας προβλέπουν ότι σε κανονικές συνθήκες, όταν ο οδηγός θα χάσει τον έλεγχο θα προλάβει να σταματήσει στους χώρους διαφυγής, πριν φτάσει στα εμπόδια. Στην πραγματικότητα όμως, πολλές φορές δεν ισχύει αυτό, κυρίως γιατί δεν δύναται να υπάρχουν συνέχεια χώροι διαφυγής. Η δυνατότητα επιβράδυνσης κάθε οχήματος που αγωνίζεται είναι πολύ σημαντικό για το CSAS. Για αυτό το λόγο κυρίως έχουν εγκατασταθεί στη Φόρμουλα 1 και στη Φόρμουλα 3000 το ADR. Τα τελευταία χρόνια έχουν μαζευτεί αρκετές πληροφορίες, βοηθώντας το CSAS να καταλάβει τα επίπεδα επιβράδυνσης σε στεγνή και βρεγμένη πίστα, καθώς και το μέγεθος των κόκκων χαλικιών που θα χρειαστούν για να μειώσουν τη ταχύτητα πριν τη σύγκρουση με τα εμπόδια, σε περίπτωση που δεν υπάρχει επαρκής χώρος διαφυγής [23].

Το χειρότερο σενάριο για έναν μηχανικό που ασχολείται με τα μέτρα προστασίας των αγωνιζομένων, είναι η περίπτωση που το αυτοκίνητο θα βρεθεί στον αέρα, είτε εξαιτίας της εξαιρετικά πολύ ευαίσθητης αεροδυναμικής που μπορεί να έχει, είτε εξαιτίας κάποιας σύγκρουσης. Σε αυτή τη περίπτωση, ούτε μέσω του CSAS μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια την επιβράδυνση που θα έχει στον αέρα. Σίγουρα θα υπάρχει κάποια επιβράδυνση ακόμα κι όταν θα είναι στον αέρα, λόγω της οπισθέλκουσας αεροδυναμικής. Επίσης, στα ελαφριά οχήματα με πλατιά λάστιχα, από τη στιγμή που θα προσγειωθεί στα χαλίκια, θα τα σκάψει. Επομένως, αν και η επιβράδυνση που έχει το αυτοκίνητο τη στιγμή που βρίσκεται στον αέρα είναι μικρή, τη στιγμή που θα προσγειωθεί θα αυξηθεί. Το αποτέλεσμα είναι, συνήθως, η μέση επιβράδυνση στα χαλίκια να είναι παρόμοια με ένα όχημα που έχει ξεφύγει της πορείας του χωρίς όμως να έχει βρεθεί στον αέρα [23].

## 2.5 Εμπόδια

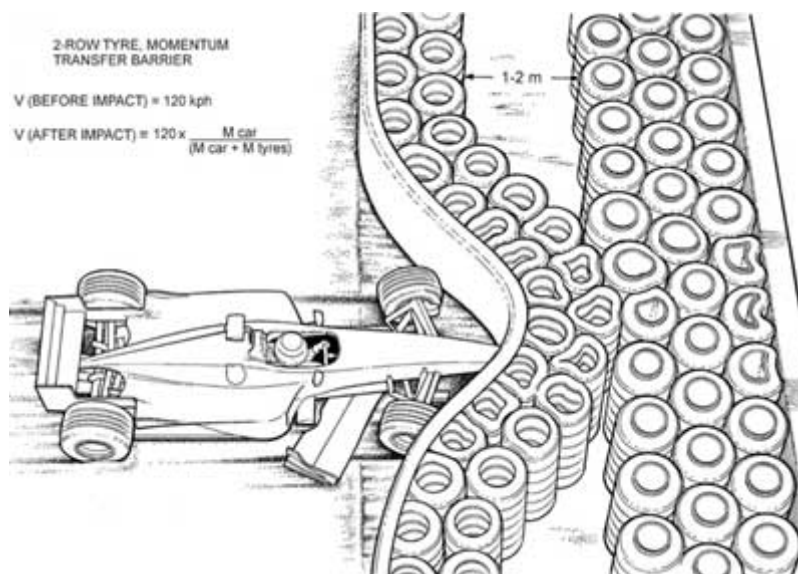
Η ιδανική διαμόρφωση του χώρου για την αποφυγή σύγκρουσης, είναι να μην υπάρχουν καθόλου εμπόδια, όπως είναι η πίστα του Μπόνεβιλ (Bonneville) και της ερήμου Μπλακ Πορτ (Black Port). Φυσικά, λόγω του ανάγλυφου των περιοχών αυτών, υποχρεωτικά οι θεατές βρίσκονται ούτως ή άλλως αρκετά μακριά από την πορεία των αυτοκινήτων. Η παρουσία των εμποδίων αφορά κυρίως την προστασία των τηλεοπτικών συνεργείων και των θεατών. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος έχει κάποια κοινά στοιχεία με την αντιμετώπιση ενός τρένου που άργησε να φρενάρει και απειλεί να ορμήσει στην πλατφόρμα τραυματίζοντας υποψήφιους επιβάτες. Οι γραμμές αμαξοστοιχίας είναι εξοπλισμένες με συσκευές απορρόφησης ενέργειας (Αποσβεστήρες, μεγάλα ελατήρια κτλ.), οι οποίες με τις αντίστοιχες συσκευές απορρόφησης ενέργειας που έχει το τρένο στο εμπρόσθιο μέρος του, θα κάνει μία πιθανή σύγκρουση αρκετά ομαλή, υπό τη προϋπόθεση η δυναμικότητα του συστήματος απορρόφησης ενέργειας να είναι αρκετή. Ομοίως και οι αγωνιστικές πίστες είναι εφοδιασμένες με εμπόδια ικανά να απορροφούν ενέργεια και με τα αυτοκίνητα να είναι εξίσου εξοπλισμένα με αντίστοιχες συσκευές απορρόφησης ενέργειας [23].

Η βασική διαφορά μεταξύ αυτών των περιπτώσεων είναι οι συνθήκες. Εάν το τρένο αργήσει να φρενάρι, γνωρίζουμε περίπου την πορεία που θα ακολουθήσει και είναι σχετικά πιο εύκολο να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, ενώ σε μία αγωνιστική πίστα ένα ατύχημα μπορεί να συμβεί με διάφορους, και πολλές φορές απρόβλεπτους τρόπους. Πρέπει ο τρόπος που θα κατανεμηθούν τα φορτία στο αυτοκίνητο που θα



Εικόνα 2.1, Εμπόδια Ελαστικών, Aaren Russell Taz-Douglas (2017)

προκληθούν από το ατύχημα, να μην οδηγήσουν σε αστοχία την κυψέλη ασφαλείας (Safety Cell) του οχήματος, επειδή αυτό μπορεί να οδηγήσει μέχρι και σε θανάσιμο τραυματισμό του οδηγού. Το μέγεθος της ενέργεια που απορροφάτε και διαχέεται αυξάνεται ως το τετράγωνο της ταχύτητας. Στα 100 χιλιόμετρα/ώρα το ατύχημα είναι όμοιο με το να πέφτει ένα αυτοκίνητο από τα 78 μέτρα, στα 200 χιλιόμετρα/ώρα από 314 μέτρα και στα 300 από 707 μέτρα. Η απώλεια ελέγχου ενός αγωνιστικού αυτοκινήτου στο τέλος μιας μεγάλης ευθείας ισοδυναμεί με τη πτώση από αεροπλάνο που βρίσκεται σε ύψος ενός χιλιόμετρου [23].



Εικόνα 2.2, Εμπόδια με Ελαστικά

Οι μηχανισμοί απορρόφησης ενέργειας των αυτοκινήτων και των αγωνιστικών πιστών διαφέρουν. Οι τεχνικοί κανονισμοί της Φόρμουλα 1 (Formula 1 Technical Regulation) ορίζουν μια σειρά δοκιμών σε

εμπρόσθιες, οπίσθιες και πλάγιες συγκρούσεις που οδηγούν σε σύντομες δομικές αστοχίες λόγω αστοχίας του υλικού. Η υψηλότερη απόδοση δοκιμών, σε μετωπική σύγκρουση, δημιουργεί φορτία αιχμής 460kN (60G), με μέσο όρο 300kN (40G), και διαχέει ενέργεια που ισοδυναμεί με τα φορτία ενός αυτοκινήτου που ταξιδεύει περίπου με 50 χιλιόμετρα/ώρα σε 0,5 μέτρα [23].

Τα εμπόδια τείνουν να λειτουργούν όπως οι γραμμές αμαξοστοιχίας που έχουν ήδη αναφερθεί πιο πάνω, απορροφώντας δηλαδή ενέργεια μέσω μεγάλων ελατηρίων ή αποσβεστήρων. Απορροφούν ενέργεια με εκτροπή, διαχέοντας μέρος της μέσω του αποσβεστήρα, και την απελευθερώνουν και πάλι μέσω του ελατηρίου. Μερικά εμπόδια λειτουργούν βάση της μεταφοράς ορμής. Το αυτοκίνητο συλλέγει τα βαριά



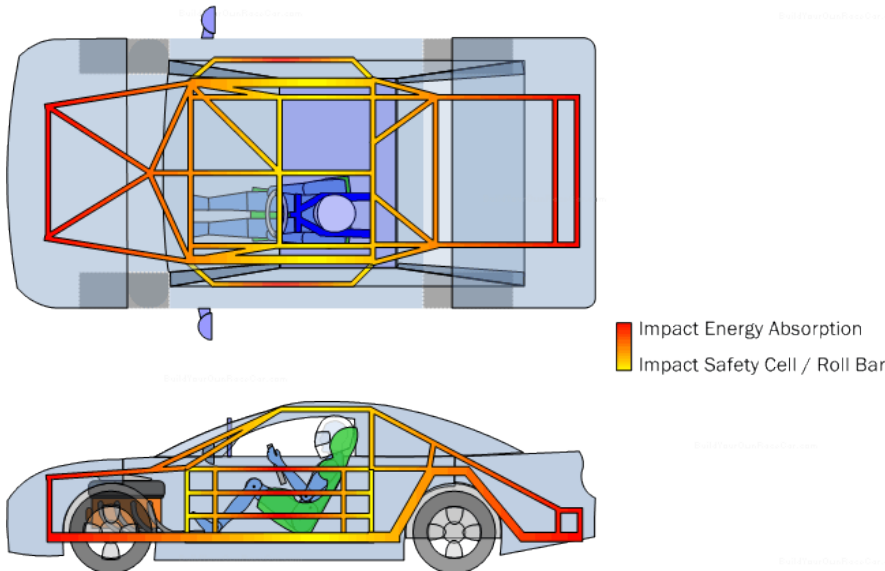
Εικόνα 2.3, Μετωπική Σύγκρουση

μέρη του εμποδίου, και βάση της αρχής της διατήρησης της ορμής η ταχύτητα μειώνεται ανάλογα με την αύξηση της μάζας του αυτοκινήτου και του εμποδίου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2. Πιθανότατα, μετά τη σύγκρουση το εμπόδιο θα φτάσει σε αστοχία και θα πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα.

Η μεγαλύτερη πρόκληση για τους μηχανικούς όσο αναφορά τον σχεδιασμό των εμποδίων είναι να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τα ατυχήματα, με όποια γωνία του αυτοκινήτου γίνει η σύγκρουση, είτε με το εμπρόσθιο μέρος, είτε με το πίσω, είτε με το πλαϊνό κτλ. Τα σύγχρονα μονοθέσια στο εμπρόσθιο μέρος έχουν μια κοφτερή μύτη η οποία αντέχει να απορροφά ενέργεια σε μετωπικές συγκρούσεις με τα εμπόδια. Όπως το μαχαίρι γλιστράει στο βούτυρο, έτσι και η μύτη του μονοθέσιου εισέρχεται στα ελαστικά του εμποδίου. Σε μία πλευρική σύγκρουση όμως, το αυτοκίνητο είναι ακάλυπτο, έχοντας εκτεθειμένους τους τροχούς και λοιπά εξαρτήματα που αποτελούν και την ανθεκτικότητα της δομής του. Δεν υπάρχει το τέλειο σύστημα εμποδίων και είναι αδύνατον να προβλεφθεί η τροχιά του αυτοκινήτου σε περίπτωση ατυχήματος, οπότε η μελέτη γίνεται βάση λογικών εκτιμήσεων. Στις ευθείες, εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας που φτάνουν τα αγωνιστικά οχήματα και τις προοπτικές προσπέρασης που υπάρχουν, συμβαίνουν ατυχήματα. Συνηθίζεται τα εμπόδια στις ευθείες να τοποθετούνται πολύ κοντά στα όρια της πίστας έτσι ώστε να μη προλάβει το αυτοκίνητο να χτυπήσει με μεγάλη ταχύτητα κάθετα στο εμπόδιο, αλλά όσο πιο οριζόντια γίνεται. Επομένως το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας διαχέεται κατά μήκος του εμποδίου. Ακόμα και αν προλάβει το αυτοκίνητο να διασχίσει όλο το πλάτος της πίστας

(φτάνοντας τα 4G), θα συγκρουστεί κάθετα στο εμπόδιο με μια ταχύτητα περίπου 80 χιλιόμετρα/ώρα. Ο κίνδυνος που δημιουργείται τοποθετώντας τα εμπόδια τόσο κοντά στη πίστα είναι ότι σε περίπτωση ατυχήματος μπορεί από τη σύγκρουση το αυτοκίνητο να ξανά «εκτιναχθεί» μέσα στη πίστα και μπροστά

#### Integrated Safety Cell and Impact Energy Absorption

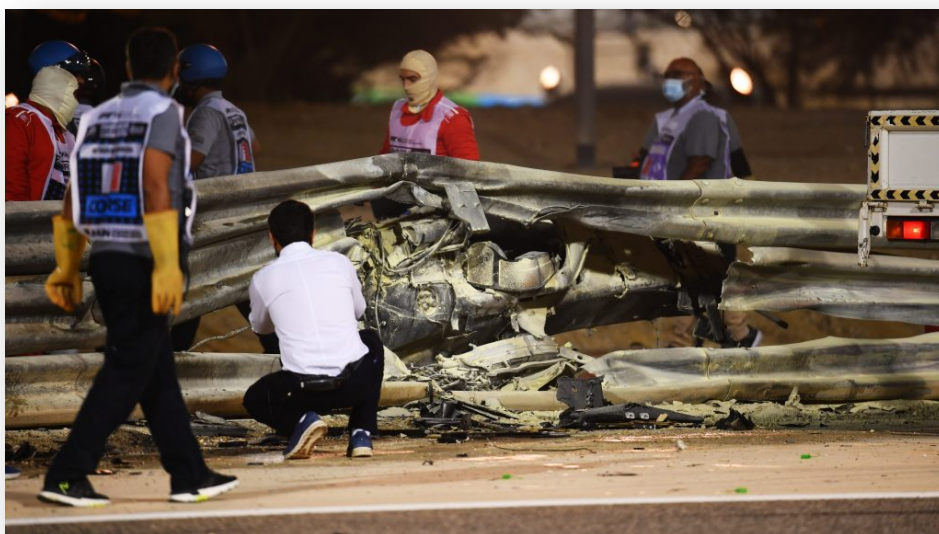


στα άλλα αυτοκίνητα. Για αυτό το λόγο τα εμπόδια που τοποθετούνται στις ευθείες είναι τοιχία από σκυρόδεμα [23].

Στο τέλος της ευθείας και πριν την αρχή της επικείμενης στροφής, τα αυτοκίνητα φρενάρουν με μεγάλη δύναμη και πρέπει τα αντίστοιχα εμπόδια αν χρειαστεί να μπορούν να διαχειριστούν αυτή την μεγάλη ενέργεια. Όμως και τα καλύτερα εμπόδια δεν είναι ικανά να το κάνουν αυτό, επομένως η δημιουργία ενός χώρου διαφυγής

Εικόνα 2.4, Κέλυφος Ασφαλείας Αυτοκινήτου

με ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια (Run-off Area) είναι αναγκαία έτσι ώστε να δοθεί η ευκαιρία στον οδηγό είτε να προλάβει να μειώσει τη ταχύτητα πριν τη σύγκρουση, είτε ακόμα και να μπορέσει να ξανά επιστρέψει στον αγώνα. Όσο μεγαλύτερη είναι η Run-off Area, τόσο πιο λεπτό και αδύναμο μπορεί να είναι το εμπόδιο. Χρειάζεται όμως προσοχή, επειδή σε περίπτωση που το εμπόδιο είναι παραπάνω λεπτό από όσο χρειάζεται μπορεί το αυτοκίνητο να το διαπεράσει ή να σφηνωθεί σε αυτό με αποτέλεσμα να απειληθεί η κυψέλη ασφαλείας του αυτοκινήτου και κατά συνέπεια η ζωή του οδηγού. Από την άλλη, εάν το εμπόδιο είναι πιο ενισχυμένο από όσο χρειάζεται μπορεί να οδηγήσει σε πολύ απότομη επιβράδυνση το αυτοκίνητο τραυματίζοντας τον οδηγό [23].



Εικόνα 2.5, Σύγκρουση σε Εμπόδιο στη πίστα του Μπαχρέιν

## 2.6 Οδοστρωσία

Όσον αφορά το πάχος του οδοστρώματος (οδοστρωσία και ασφαλτικά) καθώς και τον αριθμό των στρώσεων η FIA έχει ορίσει και σε αυτό τον τομέα προδιαγραφές αλλά τις μοιράζεται μόνο με εξουσιοδοτούμενους σχεδιαστές αγωνιστικών πιστών. Πρέπει να θυμόμαστε ότι η ασφαλτόστρωση των συνηθισμένων οδών δεν πρέπει να σχετίζεται με την ασφαλτόστρωση των αγωνιστικών πιστών. Στη μία περίπτωση ο σκοπός είναι ο δρόμος να έχει μεγάλη αντοχή σε κάθετα φορτία κυρίως (Φορτηγών 25 τόνων π.χ.), ενώ στην άλλη έχουμε να αντιμετωπίσουμε πολύ μικρά φορτία αλλά με πολύ μεγάλες και απότομες επιταχύνσεις και φρεναρίσματα.



Εικόνα 2.6, Κατασκευή COTA

Πολυστερίνη (Φελιζόλ). Αυτό ανεβάζει το σημείο τήξης της ασφάλτου έτσι ώστε να μπορεί να σταθεί στον καλοκαιρινό ήλιο και στα ζεστά ελαστικά των αυτοκινήτων ακόμα και σε υψηλές επιδόσεις. Συνεπώς η ασφαλτόστρωση πρέπει να γίνει σε θερμοκρασία 160°C έναντι στους 120-140°C που γίνεται στους κανονικούς δρόμους. Επομένως, η μεταφορά του ασφαλτομίγματος πρέπει να γίνεται με μονωμένα ρυμουλκούμενα. Κάποιες φορές μάλιστα συνηθίζεται να μεταφέρεται προσωρινά ένα εργοστάσιο παραγωγής ασφαλτομίγματος στο εργοτάξιο για την συντόμευση της διαδικασίας αυτής. Όσον αφορά τον αριθμό και το πάχος των στρώσεων, χρειάζονται τρεις στρώσεις. Για αρχή, μπαίνει η πρώτη ασφαλτική στρώση βάσης, πάχους 5 εκατοστών, μετά στρώνεται η ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας πάχους 4 εκατοστών και η αντιολισθηρή στρώση πάχους 4 εκατοστών για την επίτευξη μεγάλων τιμών τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος για την ταχεία αποστράγγιση των όμβριων [16,17].

Πολύ σημαντικό ρόλο σε αυτές τις περιπτώσεις έχει ο τρόπος κατασκευής. Λίγες κατασκευαστικές εταιρείες υπάρχουν ανά τον κόσμο που ασχολούνται αποκλειστικά με τέτοια έργα. Αυτές οι εταιρείες είναι εξοπλισμένες με όλα τα απαραίτητα μηχανικά μέσα και κυρίως με εξειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό πάνω σε αυτό τον τομέα. Μία από αυτές είναι η J.M. Harrington Asphalt Paving Inc., η οποία έχει ασφαλτοστρώσει κάποιες από τις πιο δημοφιλείς αγωνιστικές πίστες όπως η Νταϊτόνα (Daytona) και η Λαγκούνα Σέκα (Laguna Seca). Σε μία συνέντευξη του στο [www.motortrend.com](http://www.motortrend.com), ο ίδιος ο Χάριγκτον (Harrington) εξηγεί συνοπτικά τα στάδια ασφαλτόστρωσης μιας αγωνιστικής πίστας [16,17].

Για αρχή, το ασφαλτόμιγμα που θα διαστρωθεί πρέπει να περιέχει ένα πολυμερές που ονομάζεται SBS (Styrene - Butadiene – Styrene ή Στυρένιο – Βουταδιένιο – Στυρένιο), παρόμοιο με αυτό που αποτελείται η Εξηλασμένη

### 3. Μελέτη Υφιστάμενων Αγωνιστικών Πιστών Κατηγορίας 1

Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω προδιαγραφών και κανονισμών, πραγματοποιήθηκε αποτύπωση και αξιολόγηση τεσσάρων υφιστάμενων αγωνιστικών πιστών. Οι πίστες που αναλύθηκαν είναι οι εξής :

Η πίστα του Σίλβερστον στην Αγγλία, η πίστα του Ιντερλάγκος στη Βραζιλία, η πίστα του Μπαχρέιν στη Μέση Ανατολή και η πίστα της Ίμολα στην Ιταλία.

Από την ανάλυση που ακολουθεί συλλέχθηκαν πολύ χρήσιμες πληροφορίες. Στην αρχή έγινε η εξαγωγή των ορθοφωτοχαρτών στην ευρύτερη περιοχή της κάθε πίστας. Αφότου βρέθηκαν οι τοποθεσίες των αγωνιστικών πιστών στο Google Earth, περάστηκαν μέσω του Plex Earth 5 στο AutoCAD, σε κλίμακα 1:1. Έπειτα αναλύθηκαν τα γεωμετρικά τους στοιχεία και συσχετίστηκαν με τις ταχύτητες των αγωνιστικών αυτοκινήτων. Επιπλέον, παρατηρήθηκε και όλη η διαρρύθμιση των αγωνιστικών πιστών σε όλους τους τομείς. Συνεπώς, κατανοήθηκαν καλύτερα κάποια πράγματα, όπως η τοποθεσία των κερκίδων, των χώρων στάθμευσης ή ακόμα και την τοποθεσία των Pit Stop. Η ανάλυση για κάθε πίστα περιγράφεται στις επόμενες ενότητες.

#### 3.1 Πίστα του Σίλβερστον (Silverstone Circuit)

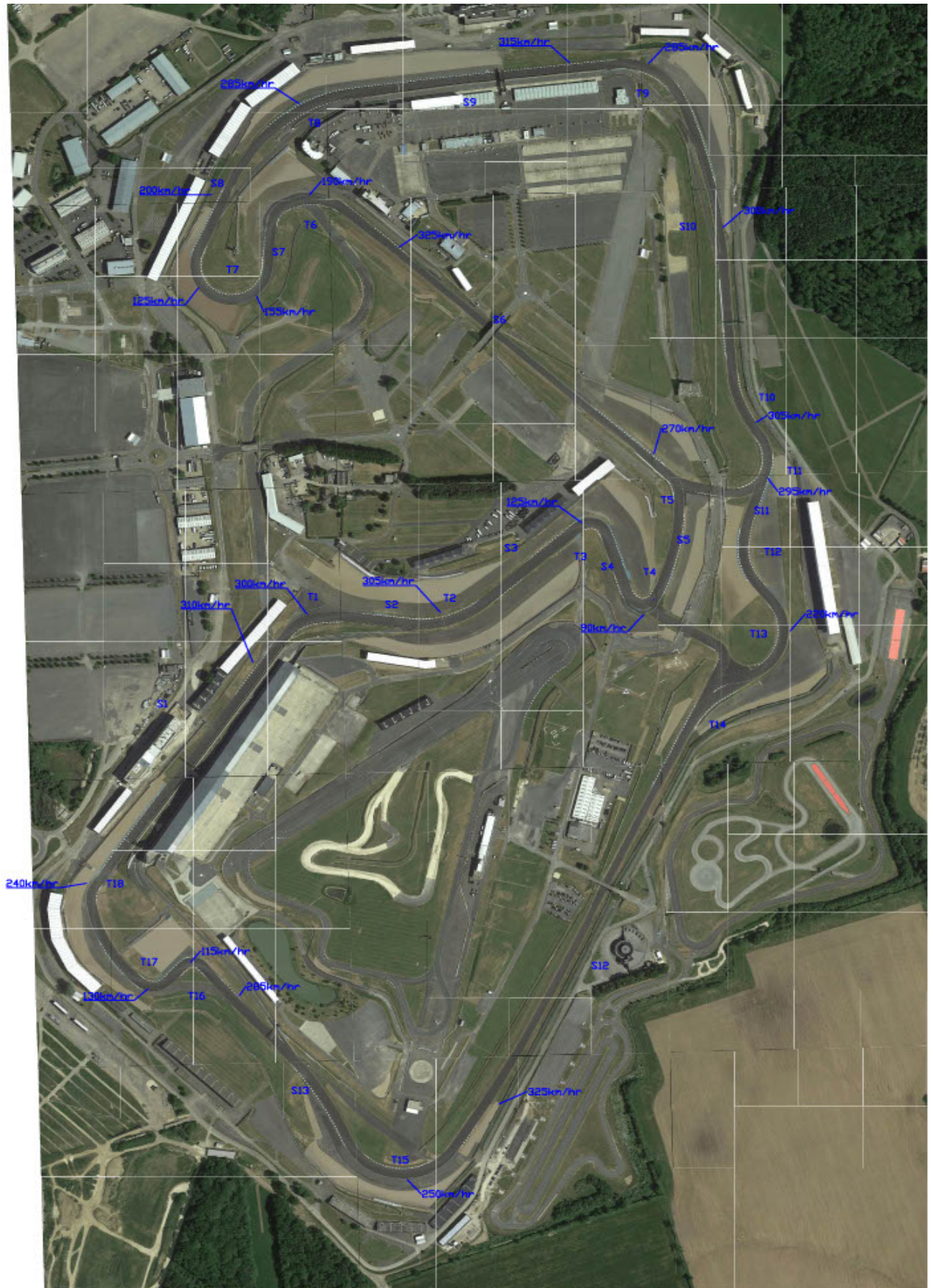
Η πίστα του Σίλβερστον (Silverstone Circuit) είναι μια πίστα αγώνων αυτοκινήτων στην Αγγλία, κοντά στα χωριά Σίλβερστοουν και Γουίτλμπερι του Νορθάμπτονσαϊρ. Είναι το σημερινό σπίτι του Βρετανικού



Εικόνα 3.1, Silverstone Circuit

Γκραντ Πρι, το οποίο φιλοξένησε για πρώτη φορά ως Βρετανικό Γκραν Πρι του 1948. Το Βρετανικό Γκραν Πρι του 1950 στο Σίλβερστοουν ήταν ο πρώτος αγώνας στο νεοσύστατο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Οδηγών. Ο αγώνας περιστράφηκε μεταξύ Σίλβερστον, Αιντρι και Μπρανς Χοτς από το 1955 έως το

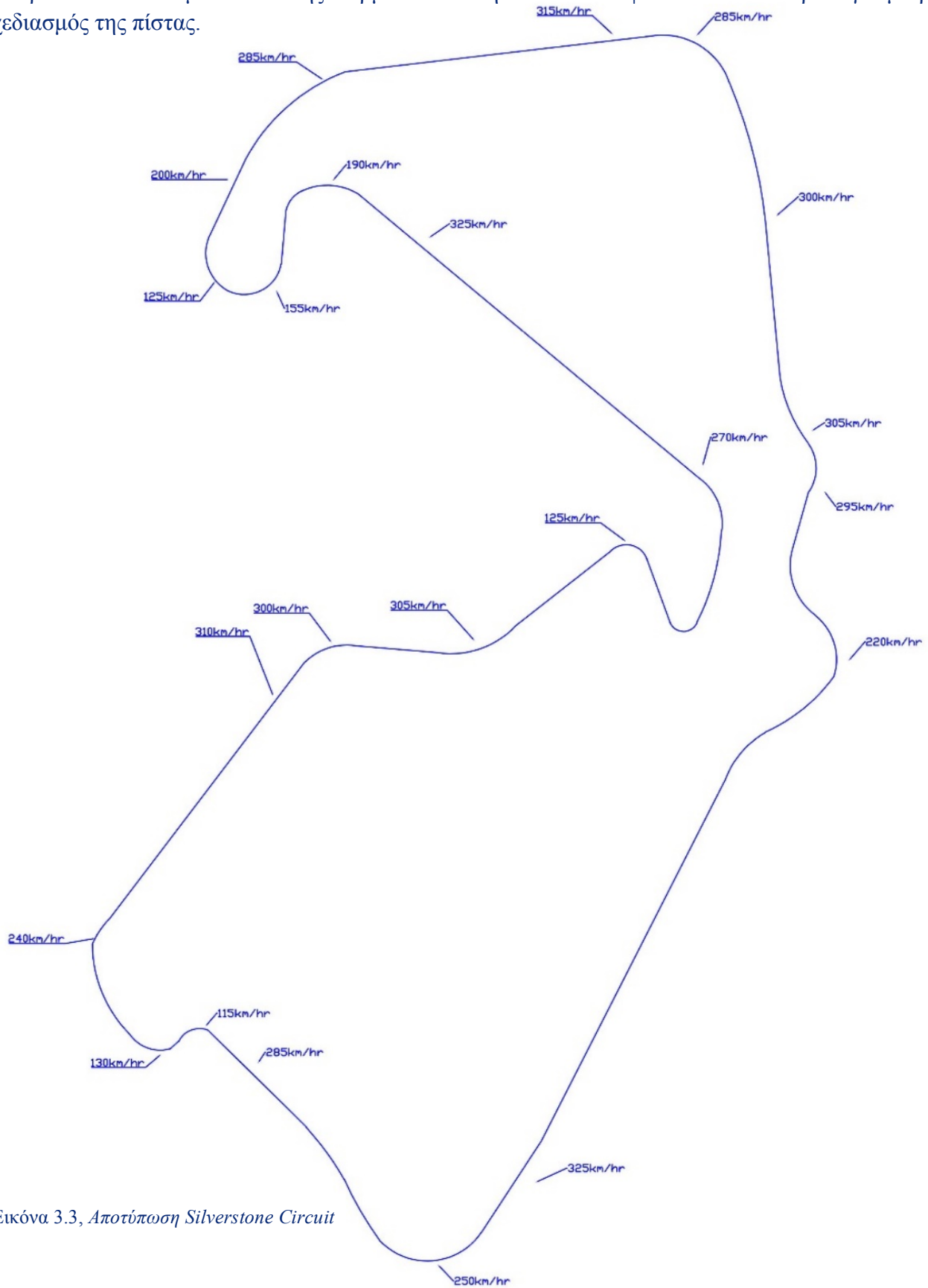
1986, αλλά εγκαταστάθηκε μόνιμα στην πίστα Σίλβερστον το 1987. Η πίστα φιλοξενεί επίσης τον βρετανικό γύρο της σειράς MotoGP [19,20,21].



Εικόνα 3.2, Αποτύπωση Silverstone Circuit



Στην Εικόνα 3.2 φαίνεται αποτύπωση που έγινε στην πίστα του Σίλβερστον. Επίσης έχουν σημειωθεί και οι ταχύτητες των αγωνιστικών αυτοκινήτων σε κάθε σημείο της πίστας. Οι ταχύτητες αυτές αντιπροσωπεύουν τα μονοθέσια της Φόρμουλα 1. Στην Εικόνα 3.3 φαίνεται πιο καθαρά ο γεωμετρικός σχεδιασμός της πίστας.



Εικόνα 3.3, Αποτύπωση Silverstone Circuit

Σε αντίθεση με την κλασική οδοποιία, δε μας ενδιαφέρει άμεσα το μέγεθος της ακτίνας της στροφής, αλλά το μέγεθος της ακτίνας της πορείας που θα ακολουθήσει το αγωνιστικό αυτοκίνητο στη στροφή. Στους αγώνες οι οδηγοί επιλέγουν τη δική τους διαδρομή πάνω στη πίστα. Για παράδειγμα, σε μια στροφή που έχει ακτίνα 120 μέτρα, στην πραγματικότητα για τον οδηγό μπορεί να είναι είτε λίγο μικρότερη (π.χ. 100) είτε λίγο μεγαλύτερη (π.χ. 140). Γενικά, οι οδηγοί προτιμούν να διασχίζουν τις στροφές όσο πιο κλειστά γίνεται, δηλαδή με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακτίνα στροφής. Πρέπει να αναφερθεί ότι κάθε οδηγός επιλέγει τη δικιά του πορεία, επομένως είναι φυσικό κάποιες φορές οι πορείες των οδηγών να διαφέρουν μεταξύ τους. Παρόλ' αυτά, έγινε μια εύλογη εκτίμηση της πορείας των αυτοκινήτων έτσι ώστε να κατανοηθούν οι ταχύτητες που μπορούν να κινούνται σε οποιαδήποτε ακτίνες στροφών. Στην Εικόνα 3.4 φαίνεται η εκτίμηση που έγινε όσο αναφορά την πορεία που θα ακολουθήσουν τα αυτοκίνητα.



Εικόνα 3.4, Πορεία Αγωνιστικών Αυτοκινήτων στο Silverstone Circuit

Στον Πίνακα 3.1, φαίνονται τα στοιχεία που προέκυψαν από την αποτύπωση που προηγήθηκε. Συνήθως οι ταχύτητες προκύπτουν από τις παγίδες ταχύτητας της πίστας, στα σημεία που υπάρχουν. Υπολογίστηκε επίσης και η ελικτότητα της πίστας για να αξιολογηθεί αργότερα σε σύγκριση με τις άλλες πίστες κατά

πόσο επηρεάζει την μέση ταχύτητα των αγωνιστικών οχημάτων. Η ελκτικότητα της πίστας υπολογίστηκε διαιρώντας το άθροισμα των γωνιών των στροφών (Σε βαθμούς και όχι σε μοίρες) με το συνολικό μήκος της πίστας (Σε χιλιόμετρα). Αποτυπώθηκαν και τα πλάτη του οδοστρώματος. Παρατηρείτε πως το μικρότερο πλάτος είναι 11,5 μέτρα, ελαφρώς μικρότερο από τα 12 μέτρα που προβλέπεται στους κανονισμούς, όπως εξηγείται στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο.

Πίνακας 3.1, Στοιχεία του Silverstone Circuit

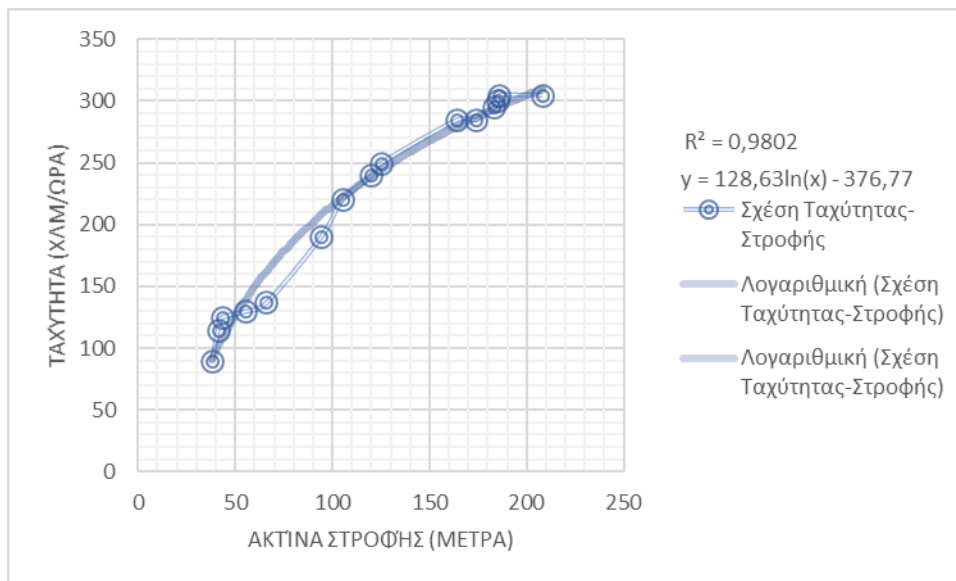
Συνολικό Μήκος	Χρόνος	Μέση Ταχύτητα		Ευθεία	Ελκτικότητα			
5898,50 μέτρα	1:32 λεπτά	242 χλμ/ώρα		3681,23 μέτρα	449			
5,90 χιλιόμετρα		3,68 χιλιόμετρα						
A/A	Μήκος (μ)	Πλάτος (μ)	Ταχύτητα (χλμ/ώρα)	Ακτίνα Στροφής (μ)		Γωνία Στροφής		
				Πίστας	Πορείας Αυτοκινήτων	Μοίρες	Βαθμοί	
S1	450,56	15	310					
T1	77,41	15	300	T1	80	254	65	72
S2	110,9	15		T2	120	174	54	60
T2	119,42	15	305	T3	30	43	117	130
S3	166,54	15		T4	20	41	161	179
T3	63,97	16	125	T5	78	183	57	63
S4	98,05	16,5		T6	80	66	120	133
T4	51,51	15	90	T7	55	55	167	186
S5	130,8	15		T8	263	305	54	60
T5	88,12	15		T9	97	120	85	94
S6	616,53	11,5	325	T10	215	547	23	26
T6	134,41	15	190	T11	60	186	53	59
S7	65,79	15		T12	88	185	41	46
T7	188,08	15	137	T13	81	125	100	111
S8	114,35	15	200	T14	130	94	35	39
T8	189,04	14	285	T15	89	208	118	131
S9	422,7	12,5	315	T16	32	105	78	87
T9	139,44	14	285	T17	50	38	97	108
S10	423,9	15	300	T18	73	164	63	70
T10	102,57	14	305					
T11	72,62	14	295					
S11	80,47	15						
T12	105,43	15						
T13	220,55	14,5	220					
T14	91,61	14,5						
S12	717,78	12	325					
T15	262,49	14,5	250					
S13	282,86	14,5	285					
T16	63,46	14	115					
T17	203,84	14	130					
T18	43,3	14,5	240					

Στο πλαίσιο του Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται αρχικά οι πληροφορίες κάθε ευθείας και στροφής όπως το πλάτος και το μήκος τους, όπως αυτά αποτυπώθηκαν μέσω του Google Earth και του Plex Earth. Οι ταχύτητες για κάθε καμπύλη ή και ευθεία που αναφέρεται στον Πίνακα είτε λήφθηκαν έτοιμες [15] είτε υπολογίστηκαν μέσω σχετικών βίντεο από μηχανοκίνητους αγώνες Φόρμουλα 1 [22] παρακολουθώντας τις αναγραφές των αγωνιστικών αυτοκινήτων. Αναφορικά με τη μέση ταχύτητα για την ολοκλήρωση ενός γύρου, εφαρμόστηκε η θεμελιώδης σχέση  $V=S/T$  (Ταχύτητα = Απόσταση / Χρόνος). Ο χρόνος αναφέρεται στον χρόνο που θέλει ένα αυτοκίνητο για να καλύψει μια φορά όλο το μήκος της πίστας. Προτιμήθηκε αυτή η τιμή να ληφθεί έτοιμη από αγώνες που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί και υπάρχουν σχετικές αναφορές στο διαδίκτυο [15]. Στις ακτίνες στροφής υπάρχουν δύο λίστες. Η πρώτη λίστα αφορά τις ακτίνες στροφής της πίστας όπως προκύπτει από την αποτύπωση της Εικόνας 3.2 και η δεύτερη αφορά τις ακτίνες στροφής που θα ακολουθούν τα αυτοκίνητα κατά τη διέλευση τους, όπως φαίνεται στην

Εικόνα 3.4. Σύμφωνα με τη δεύτερη λίστα πραγματοποιήθηκε και η συσχέτιση της ακτίνας στροφής και της ταχύτητας των αγωνιστικών αυτοκινήτων (Φόρμουλα 1). Αφού τοποθετήθηκαν σε μια αύξουσα σειρά αυτές οι ακτίνες μαζί με τις αντίστοιχες ταχύτητες, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα για την δημιουργία ενός διαγράμματος διασποράς, όπως φαίνεται στον Διάγραμμα 3.2. Με αυτό τον τρόπο βγήκε η εξίσωση ταχύτητας - ακτίνας για αυτήν την πίστα. Ο συντελεστής προσδιορισμού ( $R^2=0,9802$ ) κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητικός.

Προτιμήθηκε να είναι λογαριθμική η εξίσωση, επειδή τα αποτελέσματα της εξίσωσης αυτής κρίνονται πιο ρεαλιστικά και οι προκύπτουσες τιμές ανταποκρίνονται καλύτερα στις πραγματικές. Αυτό θα είναι πολύ χρήσιμο στη συνέχεια για τον σχεδιασμό της πίστας.

Διάγραμμα 3.2, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Silverstone Circuit)



Έπειτα, έγινε και μια μικρή ανάλυση στις υποδομές της πίστας. Μπορεί να φιλοξενήσει 140.000 θεατές, όντας μία από τις μεγαλύτερες πίστες [21]. Στη συνέχεια, κρίθηκε ενδιαφέρον να εκτιμηθεί και ο αριθμός



Εικόνα 3.5, Θέσεις Στάθμευσης του Silverstone Circuit

των χώρων στάθμευσης που αντιστοιχούν περίπου σε αυτό τον αριθμό θεατών. Επειδή δεν υπήρχε δυνατότητα να προσδιοριστεί ο αριθμός των θέσεων στάθμευσης σε σχέση με τον αριθμό των θεατών που καλείται η πίστα να φιλοξενήσει, αξιοποιήθηκαν εμπειρικά στοιχεία από τη βιβλιογραφία και την κοινή πρακτική. Μία τέτοια εκτίμηση που υπάρχει στον σχεδιασμό

των χώρων στάθμευσης είναι ότι για κάθε μία θέση στάθμευσης οχήματος απαιτείται συνολικά ένα εμβαδόν που είναι περίπου ίσο με 25τ.μ. συμπεριλαμβανομένων και των απαιτούμενων διαδρόμων κυκλοφορίας. Στο πλαίσιο αυτό και καθώς το εμβαδόν του οικοπέδου που εξυπηρετεί τη στάθμευση εκτιμήθηκε μέσω των ορθοφωτοχαρτών σε περίπου 122.400τμ, εκτιμάται ότι μπορεί να φιλοξενήσει περίπου 5.000 επιβατικά. Ο υπολογισμός του εμβαδού έγινε πάλι στο AutoCAD με τη βοήθεια του Plex-Earth 5.

### 3.2 Πίστα του Ιντερλάγκος (Autódromo José Carlos Pace, Interlagos Circuit)



Εικόνα 3.6, Autódromo José Carlos Pace (Interlagos Circuit)

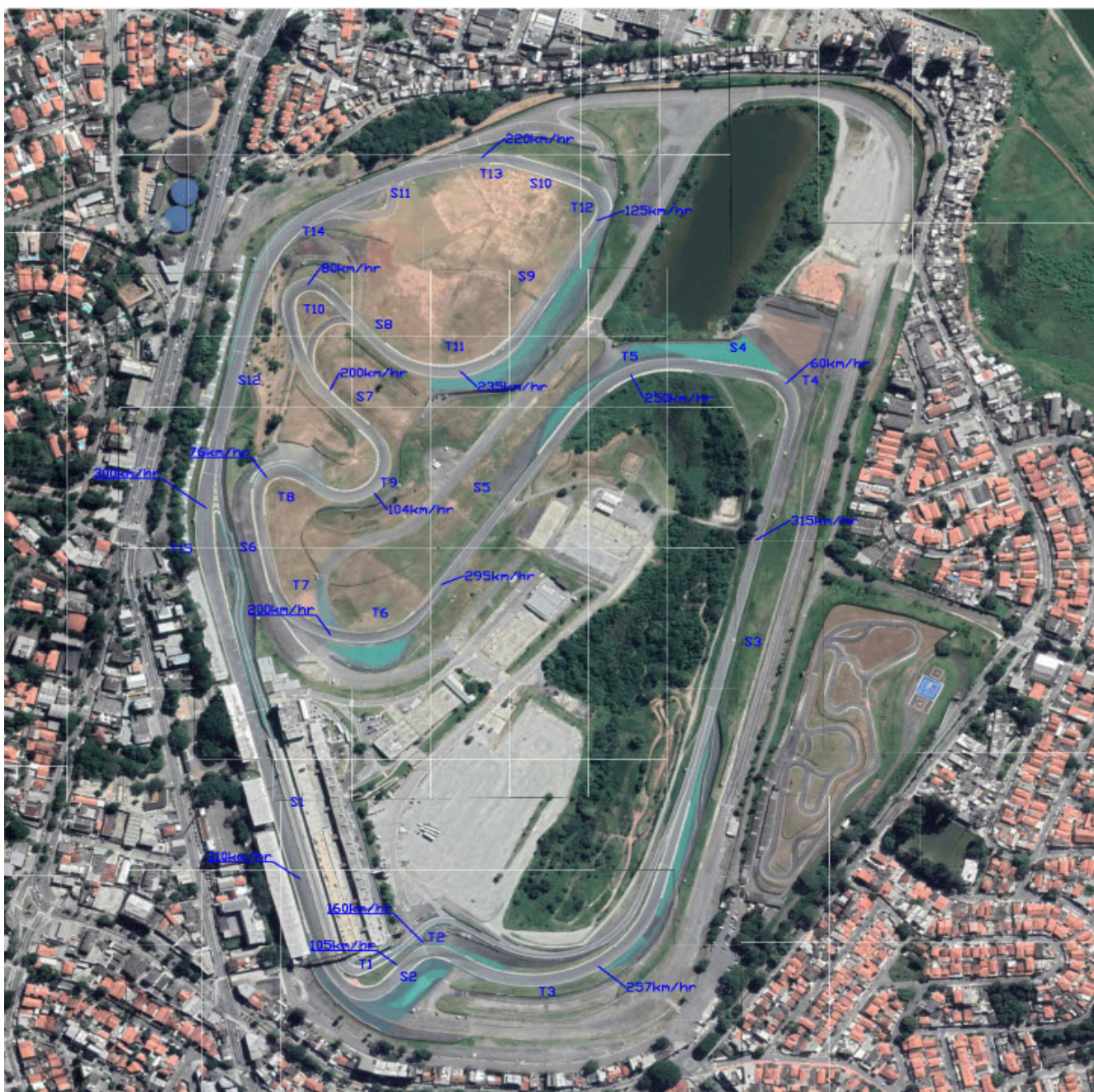
Το Autódromo José Carlos Pace, πιο γνωστό ως Ιντερλάγκος, είναι μία πίστα μηχανοκίνητου αθλητισμού που βρίσκεται στην πόλη του Σάο Πάολο, στη γειτονιά Ιντερλάγκος. Μετονομάστηκε από τον Βραζιλιάνο οδηγό της Φόρμουλα 1 Κάρλος Πέις, ο οποίος πέθανε σε αεροπορικό δυστύχημα το 1977. Φιλοξενεί το Γκραν Πρι της Φόρμουλα 1 της Βραζιλίας από το 1973 [8,10,11].

Η γη στην οποία βρίσκεται η πίστα αγοράστηκε αρχικά το 1926 από κατασκευαστές ακινήτων που ήθελαν να χτίσουν κατοικίες. Μετά από δυσκολίες εν μέρει λόγω του χρηματιστηριακού κραχ του 1929, αποφασίστηκε να κατασκευαστεί μία αγωνιστική πίστα, η κατασκευή ξεκίνησε το 1938 και η πίστα εγκαινιάστηκε τον Μάιο του 1940. Ο σχεδιασμός βασίστηκε στον ιππόδρομο Ρούζεβελτ Φιέλντ της Νέας Υόρκης [10,11].

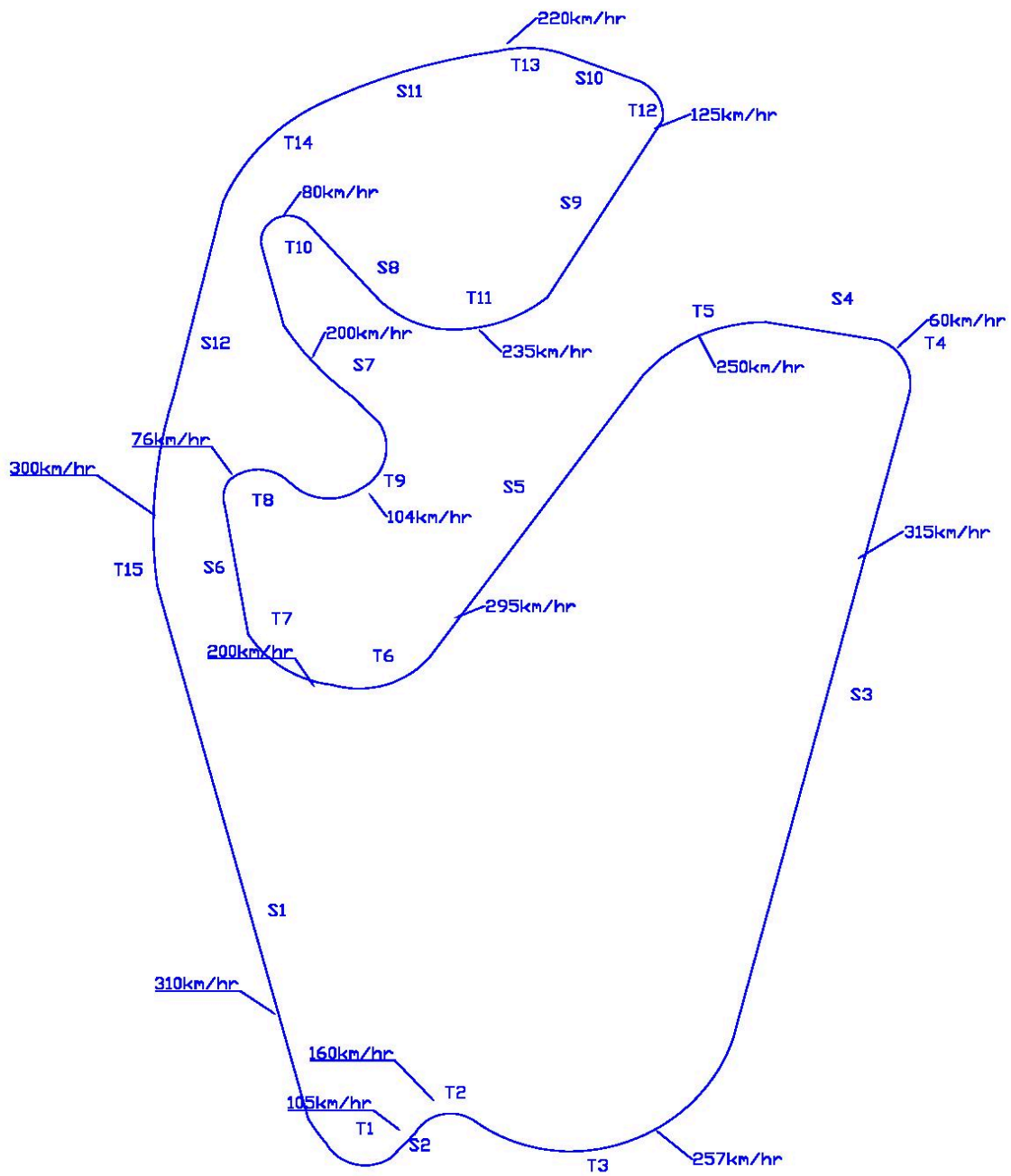
Η Φόρμουλα 1 άρχισε να αγωνίζεται εκεί το 1972, με τον πρώτο χρόνο να μην είναι αγώνας πρωταθλήματος, τον οποίο κέρδισε ο Αργεντινός Κάρλος Ρέουτεμαν. Το πρώτο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Βραζιλιάνικων Γκραντ Πρι διεξήχθη στο Ιντερλάγκος το 1973, τον αγώνα τον κέρδισε ο υπερασπιζόμενος το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα της Φόρμουλα 1 και τοπικό ο Έμερσον

Φιτιπάλντι του Σάο Πάολο. Ο Φιτιπάλντι κέρδισε ξανά τον αγώνα την επόμενη χρονιά σε κακές καιρικές συνθήκες και ο Βραζιλιάνος οδηγός Χοσέ Κάρλος Πέις κέρδισε τον μοναδικό του αγώνα στο Ιντερλάγκος το 1975 [10,11].

Και σε αυτή την πίστα πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση αντίστοιχη με την προηγούμενη. Έγινε αποτύπωση του χώρου (Εικόνα 3.7 – Εικόνα 3.8), εκτιμήθηκε μία πιθανή πορεία των αυτοκινήτων (Εικόνα 3.9) και στη συνέχεια συγκεντρώθηκαν όλα τα Στοιχεία από την αποτύπωση στον Πίνακα 3.3. Έπειτα έγινε μια μικρή ανάλυση και στις υποδομές.



Εικόνα 3.7, Αποτύπωση του Αυτοδρόμου José Carlos Pace (Interlagos Circuit)



Εικόνα 3.8, Αποτύπωση του Αυτοδρόμου José Carlos Pace (Interlagos Circuit)





Στον Πίνακα 3.3, φαίνονται τα στοιχεία που προέκυψαν από την αποτύπωση που προηγήθηκε. Οι ταχύτητες προκύπτουν συνήθως από τις παγίδες ταχύτητας της πίστας, στα σημεία που υπάρχουν. Υπολογίστηκε επίσης και η ελκτικότητα της πίστας για να παρατηρηθεί αργότερα σε σύγκριση με τις

Πίνακας 3.3, Στοιχεία του Interlagos Circuit

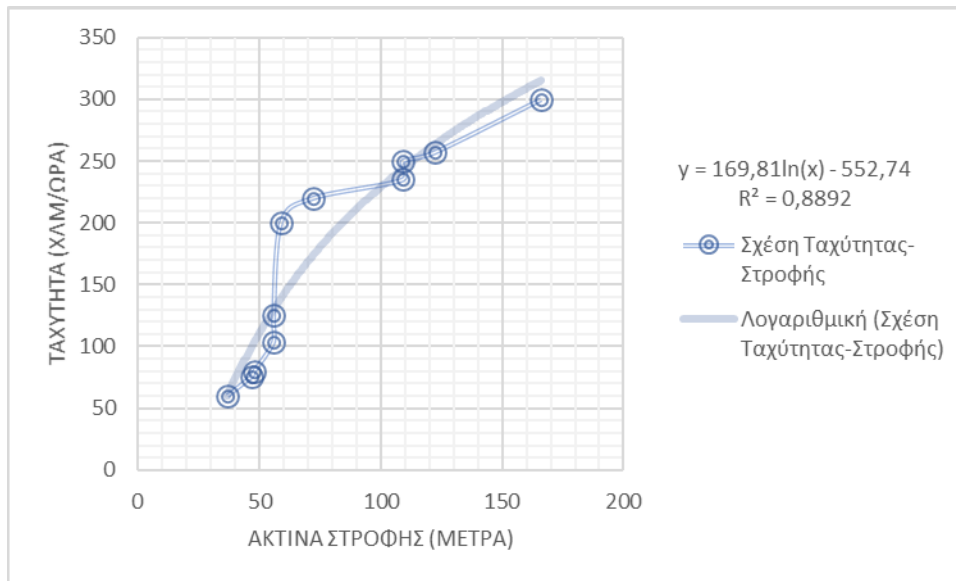
Συνολικό Μήκος	Χρόνος	Μέση Ταχύτητα		Ευθεία	Ελκτικότητα			
4278,83 μέτρα	1:15 λεπτά	199 χλμ/ώρα		2594,90 μέτρα	314			
4,28 χιλιόμετρα				2,59 χιλιόμετρα				
A/A	Μήκος (μ)	Πλάτος (μ)	Ταχύτητα (χλμ/ώρα)	Ακτίνα Στροφής (μ)		Γωνία Στροφής		
				Πίστας	Πορείας Αυτοκινήτων	Μοίρες	Βαθμοί	
S1	513,78	15	310					
T1	92,07	15		T1	39	56	128	142
S2	31,06	12,5	160	T2	35	59	85	94
T2	58,98	15		T3	146	166	98	109
T3	284,18	13	257	T4	43	72	99	110
S3	614,76	10	315	T5	141	195	57	63
T4	64,71	16	60	T6	80	109	138	153
S4	102,47	13		T7	102	109	138	153
T5	120,06	12	250	T8	32	47	89	99
S5	322,65	9	295	T9	45	48	16	18
T6	95,98	12	200	T10	24	37	37	41
T7	90,17	13		T11	112	122	109	121
S6	119,97	11		T12	34	56	105	117
T8	86,59	15	76	T13	100	318	30	33
T9	138,28	13	104	T14	182	318	53	59
S7	196,98	10	200	T15	430	897	29	32
T10	62,43	14	80					
S8	89,03	9						
T11	170,19	14	235					
S9	193,83	10						
T12	43,32	14	125					
S10	77,67	12						
T13	55,03	12,5	220					
S11	147,95	16						
T14	141,57	16,5						
S12	184,75	15,5						
T15	180,37	18,5	300					

άλλες πίστες εάν επηρεάζει την ταχύτητα της πίστας. Αποτυπώθηκαν και τα πλάτη του οδοστρώματος. Βλέπουμε και εδώ πως δεν τηρούνται πλήρως οι κανονισμοί (Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>) μιας και το μικρότερο πλάτος είναι 9 μέτρα αντί για 12.

Στο πλαίσιο του Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται αρχικά οι πληροφορίες κάθε ευθείας και στροφής όπως το πλάτος και το μήκος τους, όπως αυτά αποτυπώθηκαν μέσω του Google Earth και του Plex Earth. Οι ταχύτητες στον Πίνακα 3.3 λήφθηκαν και πάλι μέσω αναφορών που αντλήθηκαν από βίντεο [12] και από σχετικές αναφορές στο διαδίκτυο [11] αναφορικά με το χρόνο ολοκλήρωσης ενός γύρου. Στις ακτίνες στροφής υπάρχουν και πάλι δύο λίστες όπως και στην περίπτωση του Σίλβερστον. Η πρώτη είναι οι ακτίνες στροφής της πίστας όπως προσδιορίστηκαν από την αποτύπωση στην Εικόνα 3.7 και η δεύτερη είναι οι ακτίνες στροφής που θα ακολουθούν τα αυτοκίνητα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.9. Σύμφωνα με τη δεύτερη λίστα προχωρήσαμε και στη συσχέτιση της ακτίνας στροφής και την ταχύτητα των αγωνιστικών αυτοκινήτων (Φόρμουλα 1). Αφότου τοποθετήθηκαν σε μια αύξουσα σειρά αυτές οι ακτίνες μαζί με τις αντίστοιχες ταχύτητες, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα για την δημιουργία ενός

διαγράμματος διασποράς, όπως φαίνεται στον Διάγραμμα 3.4. Με αυτό τον τρόπο βγήκε η εξίσωση ταχύτητας - ακτίνας για αυτή την πίστα.

Διάγραμμα 3.4, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Interlagos Circuit)



Έπειτα, έγινε και μια μικρή ανάλυση στις υποδομές της πίστας. Μπορεί να φιλοξενήσει 70.000 θεατές



Εικόνα 3.10, Θέσεις Στάθμευσης του Autódromo José Carlos Pace (Interlagos Circuit)

[10]. Στη συνέχεια, προέκυψε ενδιαφέρον για τον αριθμό των χώρων στάθμευσης που αντιστοιχούν περίπου σε αυτό τον αριθμό θεατών. Επειδή δεν υπήρχε δυνατότητα να προσδιοριστεί ο αριθμός των θέσεων στάθμευσης σε σχέση με τον αριθμό των θεατών που καλείται η πίστα να

φιλοξενήσει, αξιοποιήθηκαν εμπειρικά στοιχεία από τη βιβλιογραφία και την κοινή πρακτική. Μία τέτοια εκτίμηση που υπάρχει στον σχεδιασμό των χώρων στάθμευσης είναι ότι για κάθε μία θέση στάθμευσης οχήματος απαιτείται συνολικά ένα εμβαδόν που είναι περίπου ίσο με 25τ.μ. συμπεριλαμβανομένων και των απαιτούμενων διαδρόμων κυκλοφορίας. Στο πλαίσιο αυτό και καθώς το εμβαδόν του οικοπέδου που εξυπηρετεί τη στάθμευση εκτιμήθηκε μέσω των ορθοφωτοχαρτών σε περίπου 30.360τμ, εκτιμάται ότι μπορεί να φιλοξενήσει περίπου 1.200 επιβατικά οχήματα. Ο υπολογισμός του εμβαδού έγινε πάλι στο AutoCAD με τη βοήθεια του Plex Earth.

### 3.3 Πίστα του Μπαχρέιν (Bahrain Circuit)



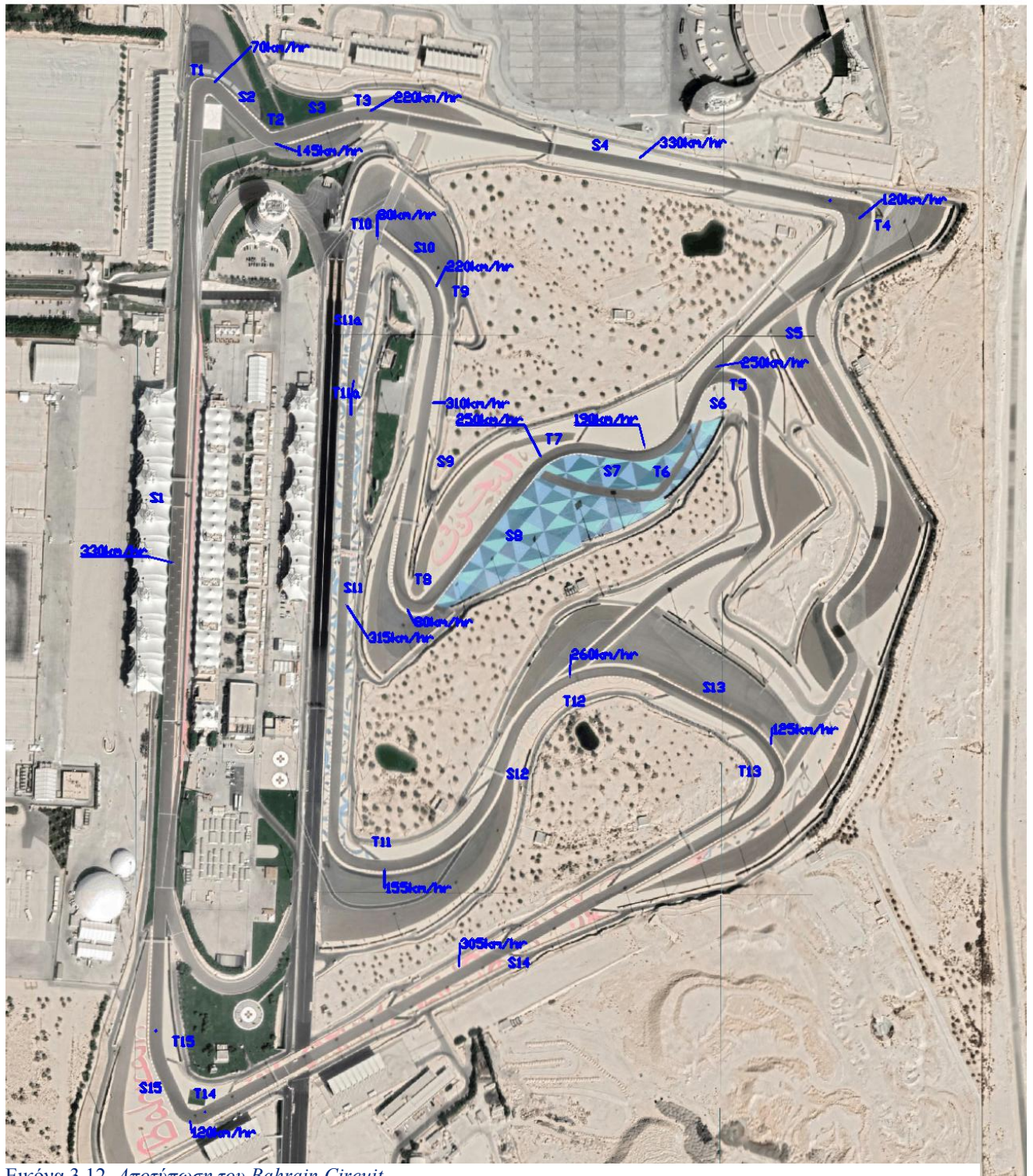
Εικόνα 3.11, *Bahrain Circuit*

Βρίσκεται στην καρδιά της ερήμου Σακχίρ, η Διεθνής Πίστα του Μπαχρέιν είναι μια μοναδική και σύγχρονη εγκατάσταση που είναι συνώνυμη με τα υψηλότερα επίπεδα του παγκόσμιου μηχανοκίνητου αθλητισμού. Διαθέτοντας πέντε διαφορετικές διατάξεις πίστας, η πίστα είδε για πρώτη φορά τη ζωή το 2004, όταν πραγματοποιήθηκε το πρώτο Γραντ Πρι Φόρμουλα 1 στη χώρα, καθιστώντας την τη πρώτη πίστα στη Μέση Ανατολή που φιλοξένησε το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα της Φόρμουλα 1. Η Διεθνής Πίστα του Μπαχρέιν συνεχίζει να φιλοξενεί εντυπωσιακά πλήθη και ένα ευρύ φάσμα εκδηλώσεων και δραστηριοτήτων και χρησιμεύει ως πλατφόρμα που ενθαρρύνει τον μηχανοκίνητο αθλητισμό στη χώρα [13,15,16].

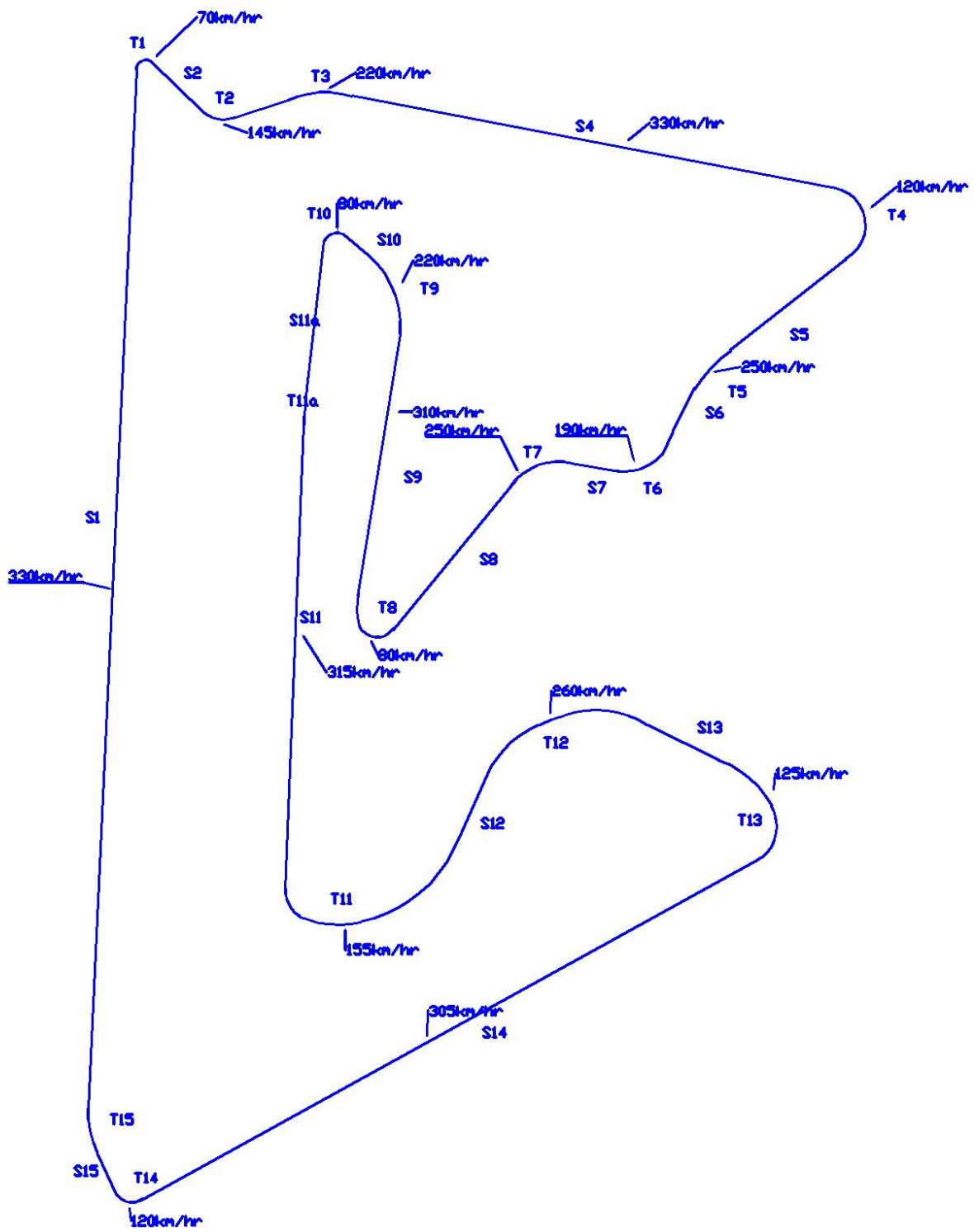
Η κατασκευή της πίστας του Μπαχρέιν ήταν ένας εθνικός στόχος για το Μπαχρέιν, που ξεκίνησε από τον διάδοχο του θρόνου, Σαΐκχ Σαλμάν μπιν Χαμάντ Αλ Χαλίφα. Ο Διάδοχος του Θρόνου είναι ο Επίτιμος Πρόεδρος της Ομοσπονδίας Αυτοκινήτων του Μπαχρέιν. Ζητήθηκε από την TRL να κατασκευάσει την πίστα, με επικεφαλής τον Πάτρικ Μπρόγκαν [15,16].

Η Διεθνής Πίστα του Μπαχρέιν είναι κάπως σχεδιασμένη για να καλύπτει όλες τις πτυχές του αθλήματος, ευνοώντας έναν κινητήρα με την υψηλότερη ισχύ, αλλά απαιτεί επίσης άφθονη παροχή δύναμης για το μείγμα των ευθειών, των κάμψεων και των σφικτών γωνιών [15,16].

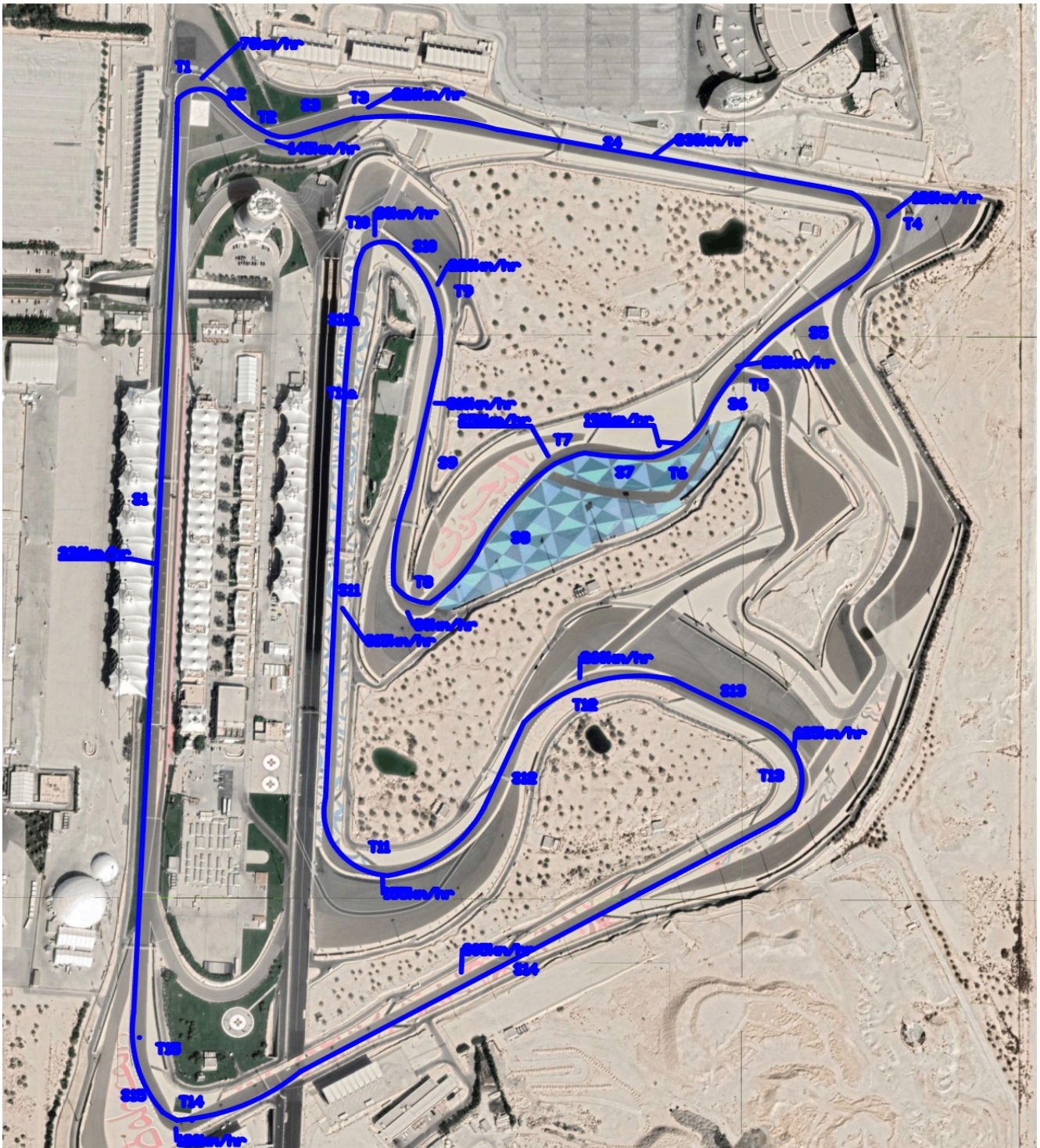
Ομοίως, και σε αυτή την πίστα πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση αντίστοιχη με την προηγούμενη. Έγινε αποτύπωση του χώρου (Εικόνα 3.12 – Εικόνα 3.13), εκτιμήθηκε μία πιθανή πορεία των αυτοκινήτων (Εικόνα 3.14) και στη συνέχεια συγκεντρώθηκαν όλα τα Στοιχεία από την αποτύπωση στον Πίνακα 3.5. Έπειτα έγινε μια μικρή ανάλυση και στις υποδομές.



Εικόνα 3.12, Αποτύπωση του Bahrain Circuit



Εικόνα 3.13, Αποτόπωση του Bahrain Circuit



Εικόνα 3.14, Πορεία Αυτοκινήτων στο Bahrain Circuit

Στον Πίνακα 3.5, φαίνονται τα στοιχεία που προέκυψαν από την αποτύπωση που προηγήθηκε. Οι ταχύτητες προκύπτουν από τις παγίδες ταχύτητας της πίστας, στα σημεία που υπάρχουν. Υπολογίστηκε επίσης και η ελκτικότητα της πίστας για να παρατηρηθεί αργότερα σε σύγκριση με τις άλλες πίστες εάν επηρεάζει την ταχύτητα της πίστας. Αποτυπώθηκαν και τα πλάτη του οδοστρώματος. Φαίνεται και εδώ πως δεν τηρούνται πλήρως οι κανονισμοί (Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>) μιας και το μικρότερο πλάτος είναι 9 μέτρα αντί για 12.

Πίνακας 3.5, Στοιχεία του Bahrain Circuit

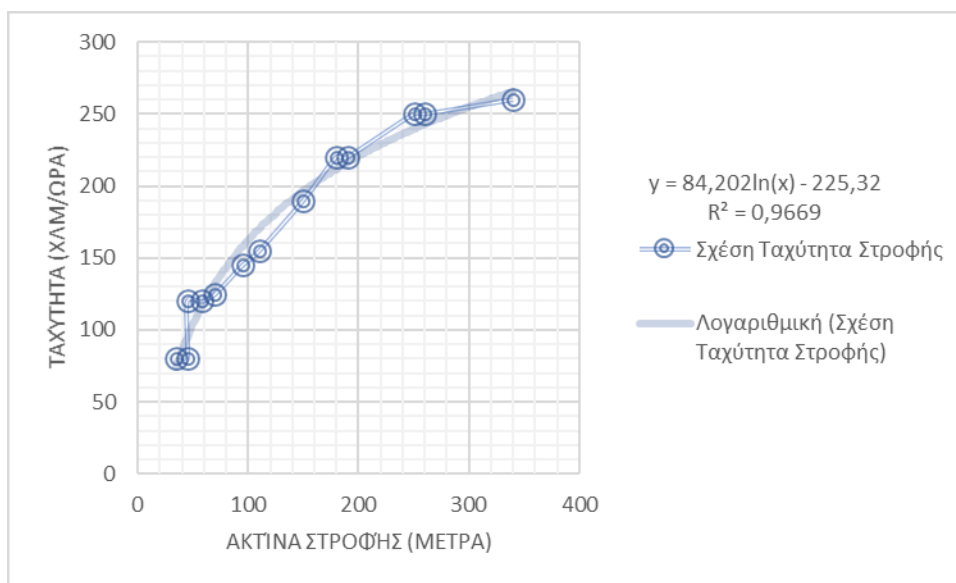
Συνολικό Μήκος		Χρόνος		Μέση Ταχύτητα		Ευθεία		Ελκτικότητα	
5489,48 μέτρα		1:34 λεπτά		225 χλμ/ώρα		4123,18 μέτρα		270	
5,49 χιλιόμετρα						4,12 χιλιόμετρα			
A/A	Μήκος(μ)	Πλάτος(μ)	Ταχύτητα(χλμ/ώρα)	Ακτίνα Στροφής(μ)			Γωνία Στροφής		
				Πίστας	Πορείας Αυτοκινήτων		Μοίρες	Βαθμοί	
S1	1090,42	15	330						
T1	22,84	15	70	T1	10	35	134	149	
S2	76,15	15		T2	30	95	60	67	
T2	36,15	15	145	T3	100	260	32	36	
S3	59,41	14		T4	40	58	132	147	
T3	69,24	14	220	T5	150	340	20	22	
S4	515,84	12,5	330	T6	50	190	49	54	
T4	100,38	33	120	T7	60	250	53	59	
S5	154,39	18		T8	40	45	141	157	
T5	56,41	13	250	T9	100	150	53	59	
S6	77,6	13		T10	15	35	136	151	
T6	55,29	13	190	T11	200	110	159	177	
S7	49,47	12,5		T12	90	180	93	103	
T7	73,95	12	250	T13	135	70	124	138	
S8	204,05	13		T14	70	45	48	53	
T8	78,1	14	80	T15	20		101	112	
S9	279,19	14	310						
T9	106,14	12	220						
S10	20,8	12							
T10	23,81	18	80						
S11a	154,17	12,5							
T11a	39,51	12,5							
S11	488,19	12,5	315						
T11	240,54	12,5	155						
S12	83,04	12,5							
T12	242,6	10	260						
S13	83,17	12							
T13	141,55	12	125						
S14	738,52	13	305						
T14	31,33	16	120						
S15	48,77	16							
T15	48,46	16							

Όπως δημιουργήθηκε ο Πίνακας 3.1 και ο Πίνακας 3.3, έτσι έγινε και ο Πίνακας 3.5. Παρουσιάζονται αρχικά οι πληροφορίες κάθε ευθείας και στροφής όπως το πλάτος και το μήκος τους, όπως αυτά αποτυπώθηκαν μέσω του Google Earth και του Plex Earth. Οι ταχύτητες στον Πίνακα 3.5 είτε πάρθηκαν έτοιμες από το διαδίκτυο [15] είτε υπολογίστηκαν παρακολουθώντας βίντεο [17] με αγωνιστικά αυτοκίνητα (Φόρμουλα 1) να αγωνίζονται. Ο χρόνος αναφέρεται στην χρονική διάρκεια που χρειάζεται ένα αυτοκίνητο για να διασχίσει όλο το μήκος της πίστας. Κάποιες ταχύτητες δεν ήταν δυνατόν να βρεθούν. Στις ακτίνες στροφής υπάρχουν δύο λίστες. Η πρώτη είναι οι ακτίνες στροφής της πίστας όπως

φαίνεται στην αποτύπωση στην Εικόνα 3.12 και η δεύτερη είναι οι ακτίνες στροφής που θα ακολουθούν τα αυτοκίνητα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.14. Σύμφωνα με τη δεύτερη λίστα έγινε και η συσχέτιση της ακτίνας στροφής και την ταχύτητα των αγωνιστικών αυτοκινήτων (Φόρμουλα 1). Αφότου τοποθετήθηκαν σε μια αύξουσα σειρά αυτές οι ακτίνες μαζί με τις αντίστοιχες ταχύτητες, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα για την δημιουργία ενός διαγράμματος διασποράς, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.6. Με αυτό τον τρόπο προέκυψε η εξίσωση ταχύτητας - ακτίνας για αυτή την πίστα.

Προτιμήθηκε να είναι λογαριθμική η εξίσωση, επειδή τα αποτελέσματα της εξίσωσης αυτής κρίνονται πιο ρεαλιστικά και οι προκύπτουσες τιμές ανταποκρίνονται καλύτερα στις πραγματικές. Ο συντελεστής προσδιορισμού επίσης ( $R^2=0,9669$ ) θεωρείται αποδεκτή τιμή. Αυτό θα είναι πολύ χρήσιμο στη συνέχεια για τον σχεδιασμό της πίστας.

Διάγραμμα 3.6, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Bahrain Circuit)



Έπειτα, πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση στις υποδομές της πίστας. Μπορεί να φιλοξενήσει 50.000 θεατές [16]. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο αριθμός των χώρων στάθμευσης που αντιστοιχούν περίπου



Εικόνα 3.15, Θέσεις Στάθμευσης του Bahrain Circuit

σε αυτό τον αριθμό θεατών. Επειδή δεν υπήρχε δυνατότητα να προσδιοριστεί ο αριθμός των θέσεων στάθμευσης σε σχέση με τον αριθμό των θεατών που καλείται η πίστα να φιλοξενήσει, αξιοποιήθηκαν εμπειρικά στοιχεία από τη βιβλιογραφία και την κοινή πρακτική. Μία τέτοια εκτίμηση που υπάρχει στον σχεδιασμό των χώρων στάθμευσης είναι ότι για κάθε μία θέση στάθμευσης οχήματος απαιτείται συνολικά ένα εμβαδόν που είναι περίπου ίσο με 25τ.μ. συμπεριλαμβανομένων και των απαιτούμενων διαδρόμων κυκλοφορίας. Το εμβαδό εδώ είναι



266.550 τετραγωνικά μέτρα, συνεπώς μπορεί να φιλοξενήσει περίπου 9.000 αυτοκίνητα. Ο υπολογισμός του εμβαδού έγινε πάλι στο AutoCAD με τη βοήθεια του Plex Earth.

### 3.4 Πίστα της Ίμολα (Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari, San Marino GP, Imola)

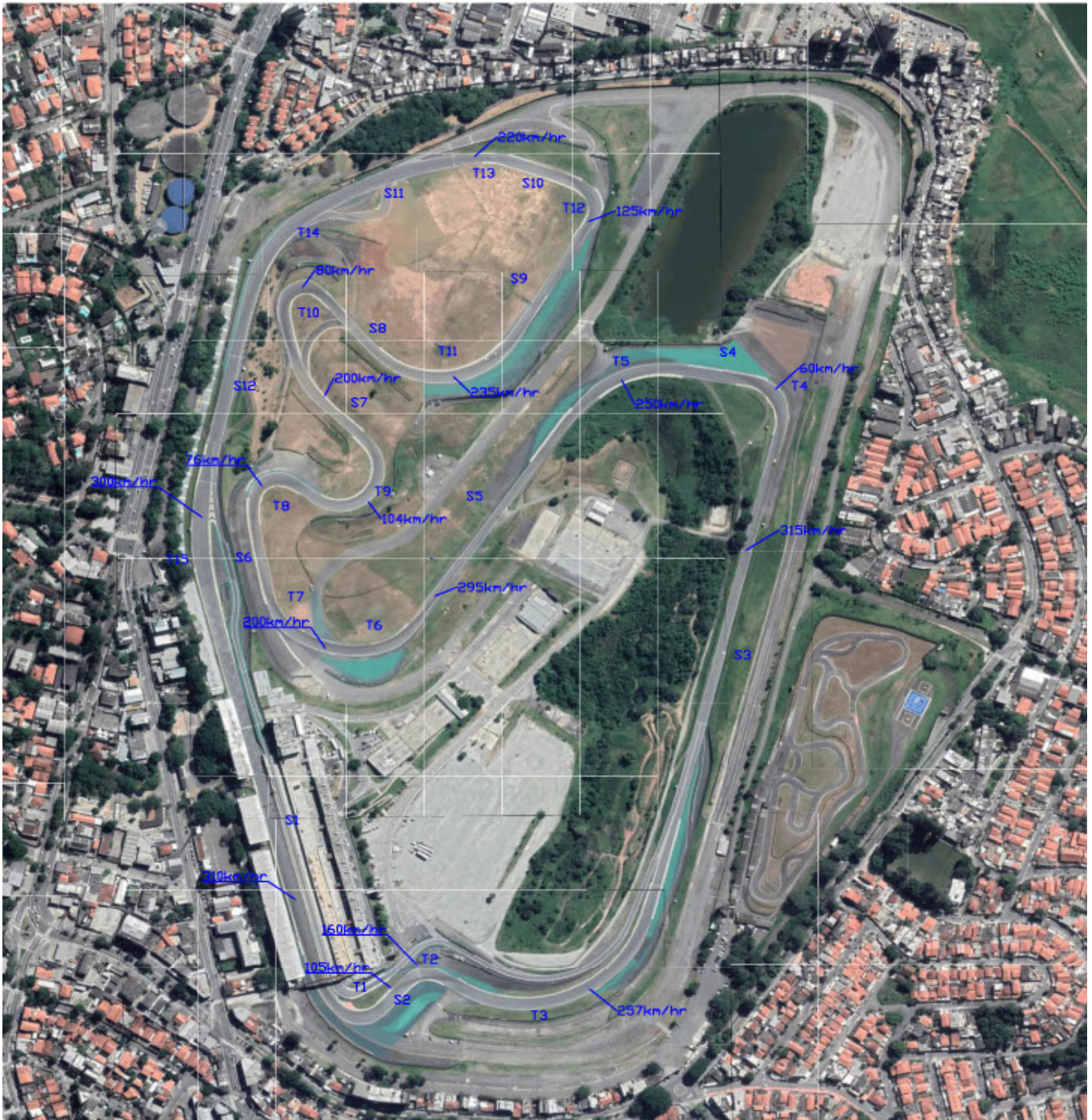


Εικόνα 3.16, Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola), Imola

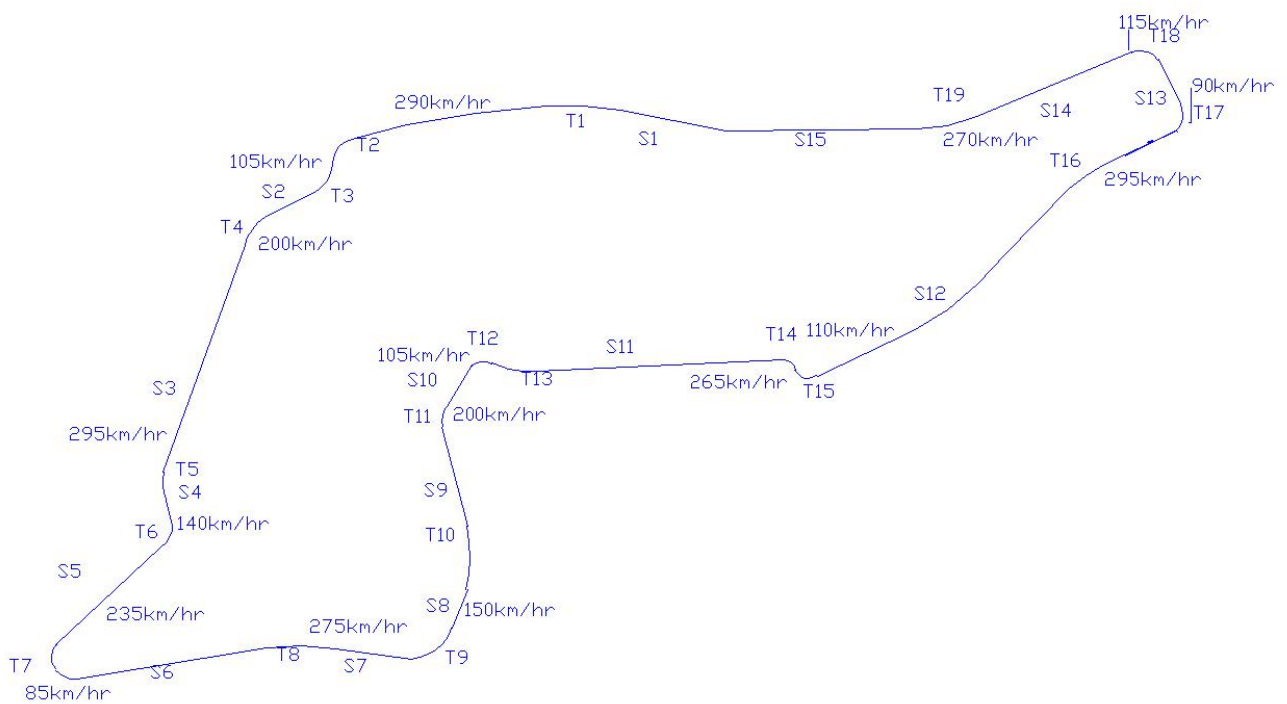
Το Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari, γνωστότερο ως Ίμολα, είναι μια πίστα αγώνων αυτοκινήτων στην πόλη Ίμολα, στην περιοχή Εμίλια-Ρομάνια της Ιταλίας, 40 χιλιόμετρα (25 μίλια) ανατολικά της Μπολόνια. Είναι μία από τις λίγες διεθνείς πίστες που λειτουργούν με αριστερόστροφη κατεύθυνση. Η πίστα πήρε το όνομά του από τον εκλιπόντα ιδρυτή της Φερράρι, Ένζο Φερράρι, και τον γιο του, Αλφρέντο "Ντίνο" Φερράρι, ο οποίος πέθανε το 1956 σε ηλικία 24 ετών. Πριν το θάνατο του Ένζο, ονομαζόταν Autodromo Dino Ferrari. Η πίστα έχει άδεια FIA βαθμού ένα. Η Ίμολα ήταν ο τόπος διεξαγωγής του Γκραντ Πρι του Σαν Μαρίνο μεταξύ 1981 και 2006. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, δύο Γκραντ Πρι διεξήχθησαν στην Ιταλία κάθε χρόνο, με το Ιταλικό Γκραντ Πρι να διεξάγεται στη Μόντσα, οπότε ο αγώνας Ίμολα πήρε το όνομά του από τη κοντινή περιοχή. Η Ίμολα φιλοξένησε επίσης το Ιταλικό Γκραντ Πρι του 1980 στη θέση της Μόντσα. Όταν η Φόρμουλα 1 επισκέπτεται την Ίμολα, θεωρείται ως η εγχώρια πίστα της Σκουντέρια Φερράρι (Scuderia Ferrari) και δεκάδες υποστηρικτές βγαίνουν για να υποστηρίξουν την τοπική ομάδα [3,5,6].

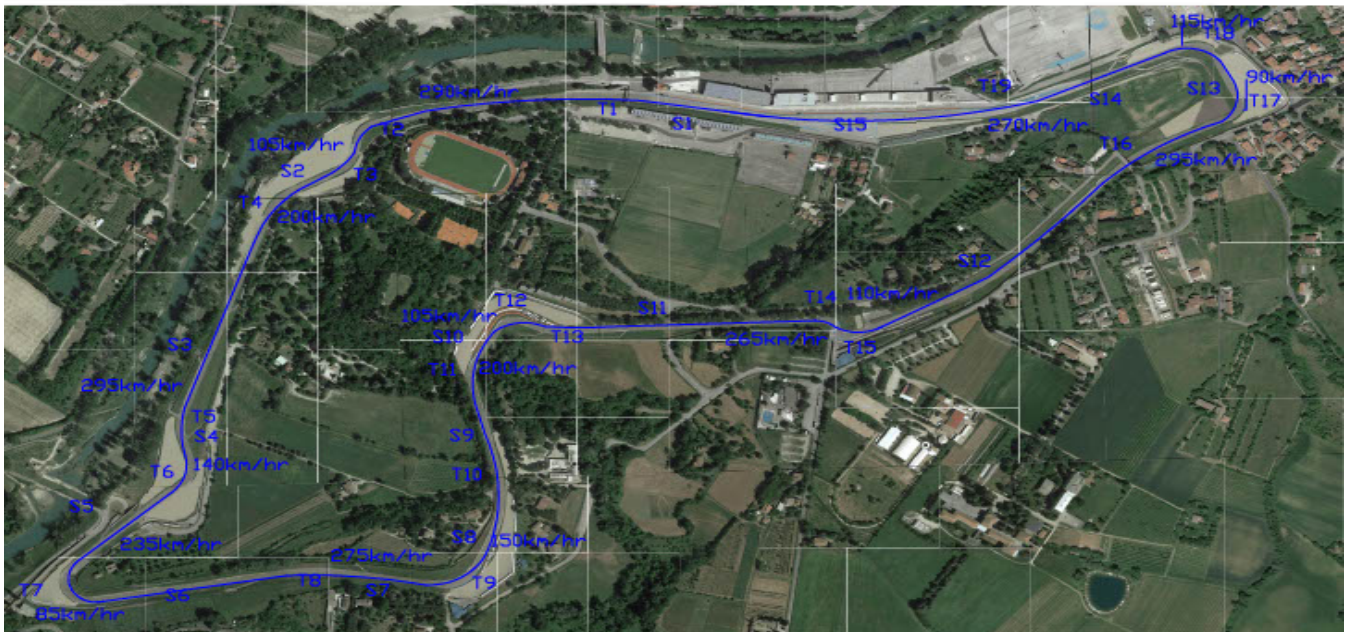
Σε αυτή την Πίστα άφησε την τελευταία του πνοή και ο θρυλικός οδηγός Άιρτον Σέννα. Στον 7<sup>ο</sup> γύρο του Γκραντ Πρι του Σαν Μαρίνο του 1994, στην (Ταμπουρέλλο) πρώτη στροφή, χωρίς να γνωρίζει κάποιος με σιγουριά τον λόγο, ο Σέννα έχασε τον έλεγχο και βγήκε εκτός πορείας με ταχύτητα 307 χλμ/ώρα και χτύπησε τον τοίχο που αποτελούταν από σκυρόδεμα με ταχύτητα 233 χλμ/ώρα. Αυτό το γεγονός ταρακούνησε ολόκληρο τον κόσμο με αποτέλεσμα η FIA να δίνει πια μεγάλη βαρύτητα στην ασφάλεια των οδηγών αλλάζοντας όχι μόνο τα αγωνιστικά αυτοκίνητα αλλά και τα μέτρα των Αγωνιστικών Πιστών τα οποία μέχρι τότε ήταν σχεδόν ανύπαρκτα [5,6].

Παρόμοια, και σε αυτή την πίστα πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση αντίστοιχη με την προηγούμενη. Έγινε αποτύπωση του χώρου (Εικόνα 3.17 – Εικόνα 3.18), εκτιμήθηκε μία πιθανή πορεία των αυτοκινήτων (Εικόνα 3.19) και στη συνέχεια συγκεντρώθηκαν όλα τα Στοιχεία από την αποτύπωση στον Πίνακα 3.7. Έπειτα έγινε μια μικρή ανάλυση και στις υποδομές.



Εικόνα 3.17, Αποτύπωση του Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola), Imola Circuit





Εικόνα 3.19, Πορεία Αυτοκινήτων στο Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola), Imola Circuit

Στον Πίνακα 3.7, φαίνονται τα στοιχεία που προέκυψαν από την αποτύπωση που προηγήθηκε. Οι ταχύτητες προκύπτουν από τις παγίδες ταχύτητας της πίστας, στα σημεία που υπάρχουν. Υπολογίστηκε επίσης και η ελκτικότητα της πίστας για να παρατηρηθεί αργότερα σε σύγκριση με τις άλλες πίστες εάν επηρεάζει την ταχύτητα της πίστας. Αποτυπώθηκαν και τα πλάτη του οδοστρώματος. Παρατηρείται και εδώ πως δεν τηρούνται πλήρως οι κανονισμοί (Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>) μιας και το μικρότερο πλάτος είναι 9,3 μέτρα αντί για 12.

Στα πρότυπα του Πίνακα 3.1 και του Πίνακα 3.3 και του Πίνακα 3.5, ομοίως δημιουργήθηκε και ο Πίνακα 3.7. Παρουσιάζονται αρχικά οι πληροφορίες κάθε ευθείας και στροφής όπως το πλάτος και το μήκος τους, όπως αυτά αποτυπώθηκαν μέσω του Google Earth και του Plex Earth. Οι ταχύτητες στον Πίνακα 3.7 είτε πάρθηκαν έτοιμες από το διαδίκτυο [5] είτε υπολογίστηκαν παρακολουθώντας βίντεο με μηχανοκίνητους αγώνες [7] (Φόρμουλα 1) να αγωνίζονται. Ο χρόνος αναφέρεται στον χρόνο που χρειάζεται ένα αυτοκίνητο για να διασχίσει όλο το μήκος της πίστας. Κάποιες ταχύτητες δεν ήταν δυνατόν να βρεθούν. Στις ακτίνες στροφής υπάρχουν δύο λίστες. Η πρώτη είναι οι ακτίνες στροφής της πίστας όπως φαίνεται στην αποτύπωση στην Εικόνα 3.17 και η δεύτερη είναι οι ακτίνες στροφής που θα ακολουθούν τα αυτοκίνητα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.19. Σύμφωνα με τη δεύτερη λίστα πραγματοποιήθηκε και η συσχέτιση της ακτίνας στροφής και την ταχύτητα των αγωνιστικών αυτοκινήτων (Φόρμουλα 1). Αφότου τοποθετήθηκαν σε μια αύξουσα σειρά αυτές οι ακτίνες μαζί με τις

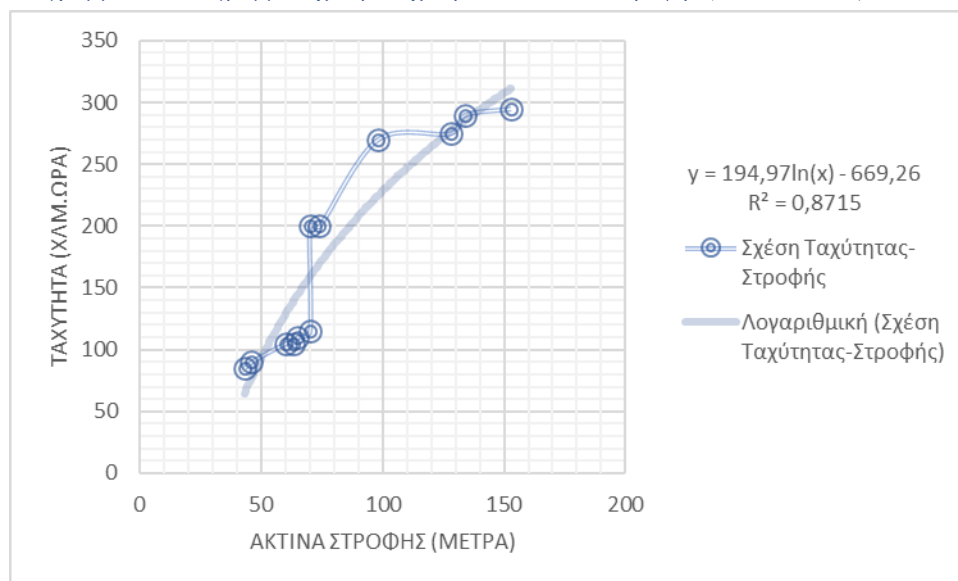
αντίστοιχες ταχύτητες, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα για την δημιουργία ενός διαγράμματος διασποράς, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.8. Με αυτό τον τρόπο προέκυψε η εξίσωση ταχύτητας - ακτίνας για αυτή την πίστα.

Πίνακας 3.7, Στοιχεία του Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola), Imola Circuit

Συνολικό Μήκος		Χρόνος	Μέση Ταχύτητα		Ευθεία	Ελικτότητα		
4781,78 μέτρα		1:19 λεπτά	204 χλμ/ώρα		3212,63 μέτρα	251		
4,78 χιλιόμετρα					3,21 χιλιόμετρα			
A/A	Μήκος (μ)	Πλάτος (μ)	Ταχύτητα (χλμ/ώρα)	Ακτίνα Στροφής (μ)			Γωνία Στροφής	
				Πίστας	Πορείας Αυτοκινήτων	Μοίρες	Βαθμοί	
S1	171,88	16	290					
T1	310,424	11	290	T1	612	362	18	20
T2	62,35	11	105	T2	42	63	65	72
T3	56,05	11		T3	59	128	54	60
S2	88,3	11		T4	67	184	40	44
T4	56,66	11	200	T5	83	174	34	38
S3	387,71	10	295	T6	37	65	63	70
T5	45,05	10		T7	38	43	147	163
S4	34,12	10	140	T8	340	860	17	19
T6	49,13	11		T9	76	98	76	84
S5	230,37	9,5	235	T10	219	308	36	40
T7	83,2	12,5	85	T11	39	153	46	51
S6	310,88	10,5		T12	33	74	77	86
T8	110,7	10	275	T13	152	786	21	23
S7	122,1	9,5		T14	18	46	88	98
T9	86,97	12,5		T15	24	70	99	110
S8	66,41	10	150	T16	286	514	24	27
T10	102,79	10		T17	38	60	89	99
S9	164,76	11		T18	37	70	86	96
T11	34,72	10,5	200	T19	231	134	33	37
S10	75,55	10						
T12	62,58	12	105					
T13	47,38	10,5						
S11	393,7	10,5	265					
T14	28,84	12	110					
T15	40,76	12						
S12	509,72	9,5						
T16	198,84	11	295					
T17	46,65	11	90					
S13	80,42	12						
T18	48,01	11,5	115					
S14	270,18	9,3	270					
T19	98,05	12,5	270					
S15	306,53	15,5	300					

Προτιμήθηκε να είναι λογαριθμική εξίσωση, επειδή η έτσι το διάγραμμα είναι πιο ρεαλιστικό και η εξίσωση θα μπορεί να βγάλει πιο ρεαλιστικές τιμές για μεγαλύτερο φάσμα ακτινών στροφών. Επίσης, ο συντελεστής προσδιορισμού ( $R^2=0,8715$ ) θεωρείται αποδεκτή τιμή. Αυτό θα είναι πολύ χρήσιμο στη συνέχεια για τον σχεδιασμό της αγωνιστικής πίστας.

Διάγραμμα 3.8, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Imola Circuit)



Εικόνα 3.20, Θέσεις Στάθμευσης του Autodromo Internazionale Enzo e Dino Ferrari (San Marino GP, Imola), Imola Circuit

Στη συνέχεια, έγινε και μια μικρή ανάλυση στις υποδομές της πίστας. Μπορεί να φιλοξενήσει 60.000 θεατές. Υπήρχε ενδιαφέρον για τον αριθμό των χώρων στάθμευσης που αντιστοιχούν περίπου σε αυτό τον αριθμό θεατών. Επειδή δεν υπήρχε δυνατότητα να προσδιοριστεί ο αριθμός των θέσεων στάθμευσης σε σχέση με τον αριθμό των θεατών που καλείται η πίστα να φιλοξενήσει, αξιοποιήθηκαν εμπειρικά στοιχεία από τη βιβλιογραφία και την κοινή πρακτική. Μία τέτοια εκτίμηση που υπάρχει στον σχεδιασμό των χώρων στάθμευσης είναι ότι για κάθε μία θέση στάθμευσης οχήματος απαιτείται συνολικά ένα εμβαδόν που είναι περίπου ίσο με 25τ.μ. συμπεριλαμβανομένων και των απαιτούμενων διαδρόμων κυκλοφορίας. Το εμβαδό εδώ είναι 67.000 τετραγωνικά μέτρα, συνεπώς μπορεί να φιλοξενήσει περίπου 2.680 αυτοκίνητα. Ο υπολογισμός του εμβαδού έγινε πάλι στο AutoCAD με τη βοήθεια του Plex Earth.

# 4. Σύγκριση των Υφιστάμενων Αγωνιστικών Πιστών

## 4.1 Γεωμετρικά Στοιχεία

Για την ευκολότερη σύγκριση των πιστών, σημειώθηκαν τα πιο σημαντικά γεωμετρικά στοιχεία στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1, Γεωμετρικά Στοιχεία Πιστών

Σίλβερστον	Μπαχρέιν	Ιντερλάγκος	Ίμολα
Συνολικό Μήκος (Μέτρα)	Συνολικό Μήκος (Μέτρα)	Συνολικό Μήκος (Μέτρα)	Συνολικό Μήκος (Μέτρα)
5898,5	5489,48	4278,83	4930
Χρόνος (Λεπτά)	Χρόνος (Λεπτά)	Χρόνος (Λεπτά)	Χρόνος (Λεπτά)
1:32	1:34	1:15	1:19
Μέση Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Μέση Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Μέση Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Μέση Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)
242	225	199	204
Δευτερόλεπτα/Χιλιόμετρο	Δευτερόλεπτα/Χιλιόμετρο	Δευτερόλεπτα/Χιλιόμετρο	Δευτερόλεπτα/Χιλιόμετρο
13,42	14,64	16,12	14,48
Ελικτότητα	Ελικτότητα	Ελικτότητα	Ελικτότητα
449	270	314	251
Συνολικές Ευθείες (Μέτρα)	Συνολικές Ευθείες (Μέτρα)	Συνολικές Ευθείες (Μέτρα)	Συνολικές Ευθείες (Μέτρα)
3681,23	4123,18	2594,9	3212,63
62%	75%	61%	65%

Η μεγαλύτερη σε μήκος πίστα είναι αυτή του Σίλβερστον ενώ η μικρότερη αυτή του Ιντερλάγκος, όπως φαίνεται. Η μέση ταχύτητα σίγουρα επηρεάζει τον χρόνο μίας γύρας, αλλά δεν είναι καθοριστικός παράγοντας. Αυτό μπορεί να επηρεάζεται και από την ελικτότητα. Θεωρητικά, όσο μεγαλύτερη είναι η ελικτότητα τόσο μεγαλύτερος πρέπει να είναι και ο χρόνος. Το συνολικό μήκος είναι ο μεγαλύτερος παράγοντας για τον χρόνο μιας γύρας και για αυτό θα γίνει ξεχωριστά μια σύγκριση μεταξύ των πιστών του Σίλβερστον και του Μπαχρέιν και αμέσως μετά μεταξύ της πίστας του Ιντερλάγκος και της Ίμολα.

### ➤ Πίστα του Μπαχρέιν – Πίστα του Σίλβερστον

Ανάμεσα στις πίστες του Μπαχρέιν και του Σίλβερστον, δύο πίστες περίπου ίδιου μήκους, παρατηρούμε ότι αν και η πίστα του Μπαχρέιν έχει λίγο μικρότερο μήκος, περισσότερες ευθείες και μικρότερη ελικτότητα χρειάζεται ελαφρώς παραπάνω χρόνος για την ολοκλήρωση μιας γύρας στην πίστα. Αυτό εξηγείτε ίσως στο γεγονός ότι στο Μπαχρέιν οι στροφές είναι πιο αργές καθώς και ότι χρειάζεται μεγάλο μήκος φρεναρίσματος στις ευθείες πριν την είσοδο στις στροφές τα αυτοκίνητα για να μην βγουν εκτός της πορείας τους, άρα σε αυτά τα σημεία ξοδεύεται αρκετός χρόνος. Είναι ξεκάθαρο πως αυτή η πίστα έχει σχεδιαστεί από τον Τιγκ (Κεφάλαιο 1.3), καθώς οι περισσότερες πίστες του έχουν αυτή την φιλοσοφία. Αντίθετα, στην πίστα του Σίλβερστον, αν και το μήκος των

ευθειών είναι μικρότερο, τα αυτοκίνητα φρενάρουν λιγότερο, οι στροφές είναι πιο γρήγορες και έτσι διατηρούν μεγαλύτερη Μέση Ταχύτητα με αποτέλεσμα να χρειάζονται λιγότερο χρόνο για να διασχίσουν όλο το μήκος της πίστας.

#### ➤ Πίστα του Ιντερλάγκος – Πίστα της Ίμολα

Στις πίστες του Ιντερλάγκος και της Ίμολα, η Ίμολα έχει περίπου 600 μέτρα μεγαλύτερο μήκος, άρα με μια πρώτη ματιά δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι χρειάζεται λίγο παραπάνω χρόνος για την ολοκλήρωση μιας γύρας. Πάραυτα, η πίστα του Ιντερλάγκος έχει μικρότερη Μέση Ταχύτητα, μεγαλύτερη Ελκτικότητα καθώς και μικρότερο συνολικό μήκος ευθειών, για αυτό και η διαφορά στον Χρόνο είναι πολύ μικρή. Γενικώς, είναι σχετικά αρκετά πανομοιότυπες πίστες όπως φαίνεται και στα στοιχεία του Πίνακα 4.1. Όλα τους τα χαρακτηριστικά έχουν μικρές διαφορές.

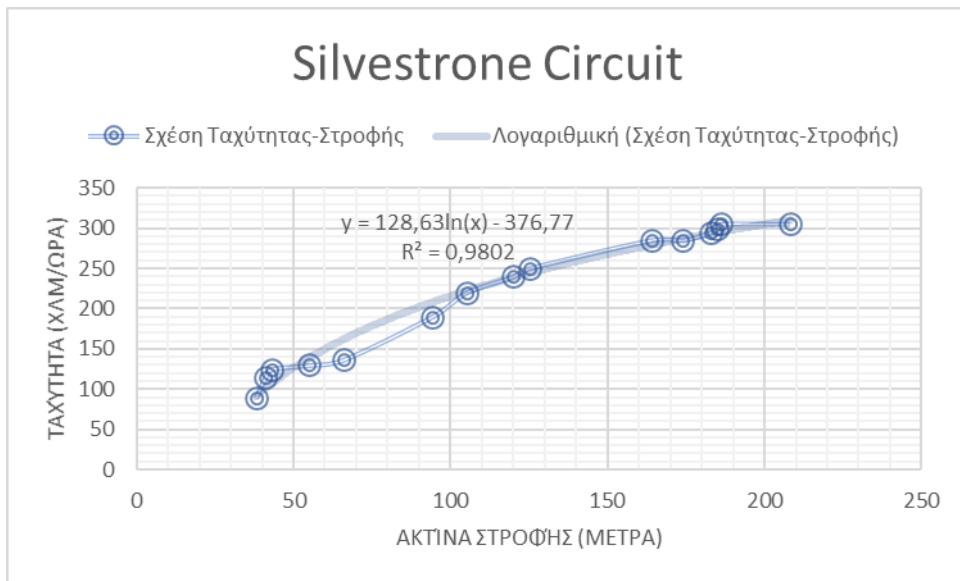
Στις συγκρίσεις που έγιναν παρατηρείται ότι όλες οι πίστες είναι περίπου πανομοιότυπες μεταξύ τους με εξαίρεση αυτή του Μπαχρέιν. Αυτό είναι ίσως και απόδειξη ότι οι πίστες εξελίσσονται, μιας και η πίστα του Μπαχρέιν είναι με διαφορά η πιο καινούρια και σύγχρονη πίστα που αποτυπώθηκε σε αυτή την εργασία. Ανέκαθεν, ο στόχος σε κάθε πίστα που σχεδιαζότανε και σχεδιάζεται είναι να φέρνει τους οδηγούς και κυρίως τα αυτοκίνητα στα όρια τους. Με την ραγδαία εξέλιξη των αυτοκινήτων την τελευταία εικοσαετία, θα πρέπει να εξελίσσεται και ο σχεδιασμός των πιστών. Αυτό που παρατηρήθηκε στη πίστα του Μπαχρέιν είναι το μεγάλο ποσοστό στις ευθείες (75%) και οι σχετικά αργές στροφές. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι από τη στιγμή που υπάρχει τόσο μεγάλο Συνολικό Μήκος ευθειών, τα αυτοκίνητα θα χρησιμοποιούν για αρκετή ώρα τον κινητήρα τους στο μέγιστο, ενώ παράλληλα θα υπάρχουν και αρκετά απότομα μεγάλα φρεναρίσματα, φτάνοντας δηλαδή και τα φρένα και τα ελαστικά στα όρια τους. Αυτό απαιτεί τα αυτοκίνητα που αγωνίζονται να είναι σε εξαιρετική κατάσταση σε όλους τους τομείς. Πρέπει φυσικά να αναφερθεί και η πολύ μεγάλη κόπωση των οδηγών που δημιουργείται υπό αυτές τις καταστάσεις, ειδικά στη Φόρμουλα 1, καθώς τα μεγάλα φρεναρίσματα μπορεί και να τους προκαλέσουν μέχρι και 5G πλευρικής και διαμήκους δύναμη. Αυτό ισοδυναμεί με περίπου 24 κιλά γύρω από τον λαιμό τους [2].

## 4.2 Σχέση Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής

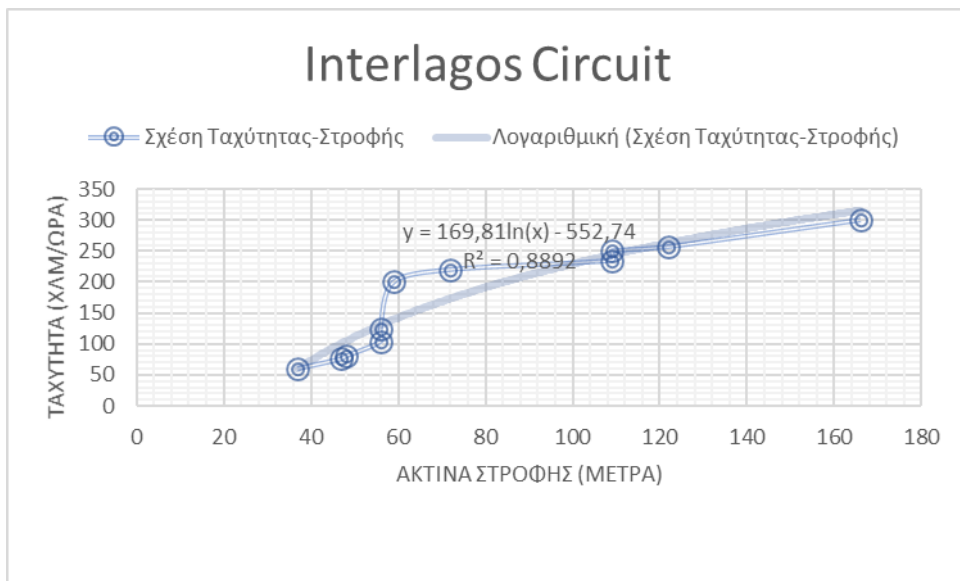
Όπως φαίνεται και στο προηγούμενο κεφάλαιο, για την καλύτερη κατανόηση και υπολογισμό της ταχύτητας των αγωνιστικών αυτοκινήτων στη στροφή, δημιουργήθηκαν διαγράμματα συναρτήσεως της ταχύτητας και του μεγέθους της στροφής προκειμένου να προκύψει μια εξίσωση που θα κάνει δυνατό τον υπολογισμό της ταχύτητας για οποιαδήποτε ακτίνα στροφής. Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί να υπολογιστεί και στην πίστα που θα σχεδιαστεί και θα παρουσιαστεί στη συνέχεια η πιθανή ταχύτητα των αγωνιστικών αυτοκινήτων στις στροφές. Στους Πίνακες 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, ξανά παρουσιάζονται τα διαγράμματα Σχέσεις Ταχύτητας – Στροφής των πιστών που μελετήθηκαν στο Κεφάλαιο 3.



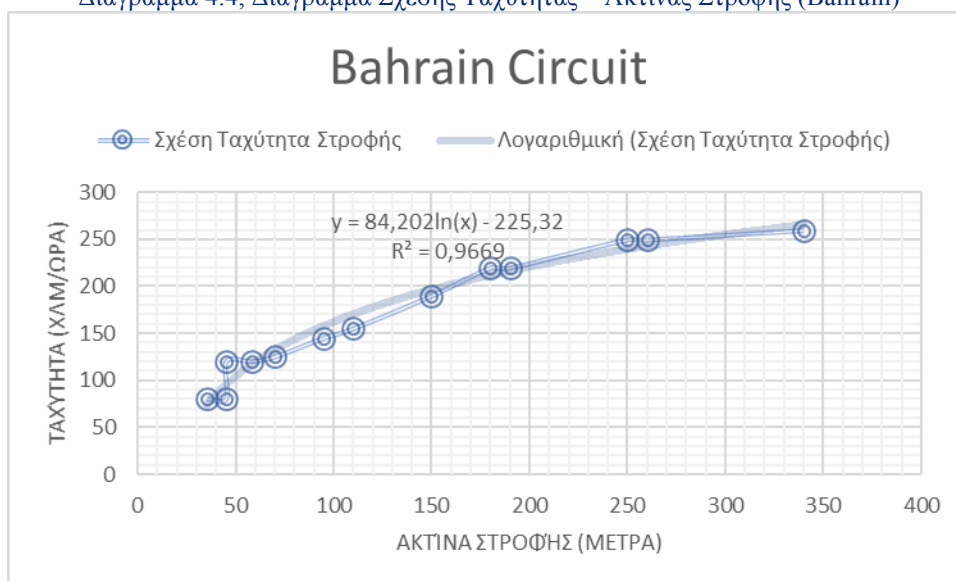
Διάγραμμα 4.2, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Silverstone)



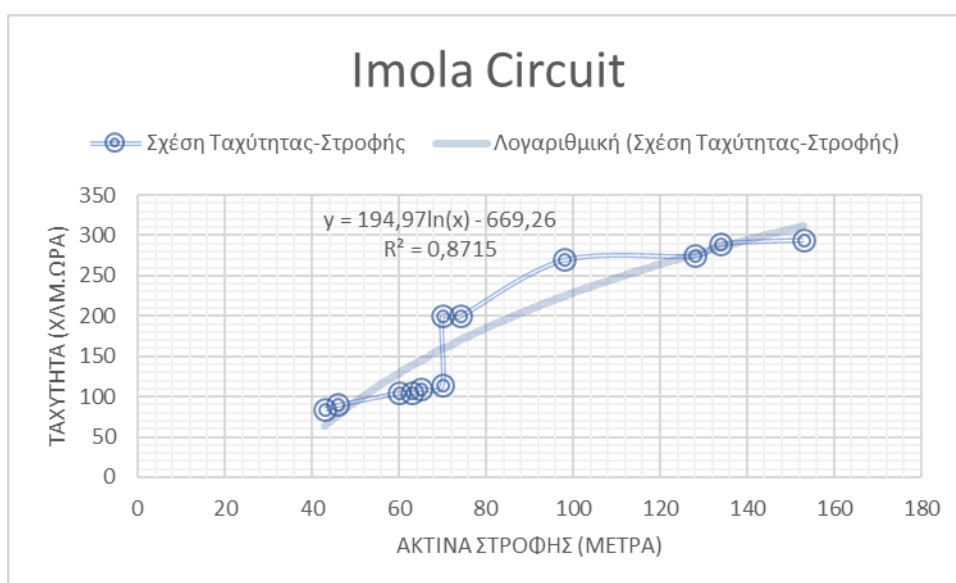
Διάγραμμα 4.3, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Interlagos)



Διάγραμμα 4.4, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Bahrain)

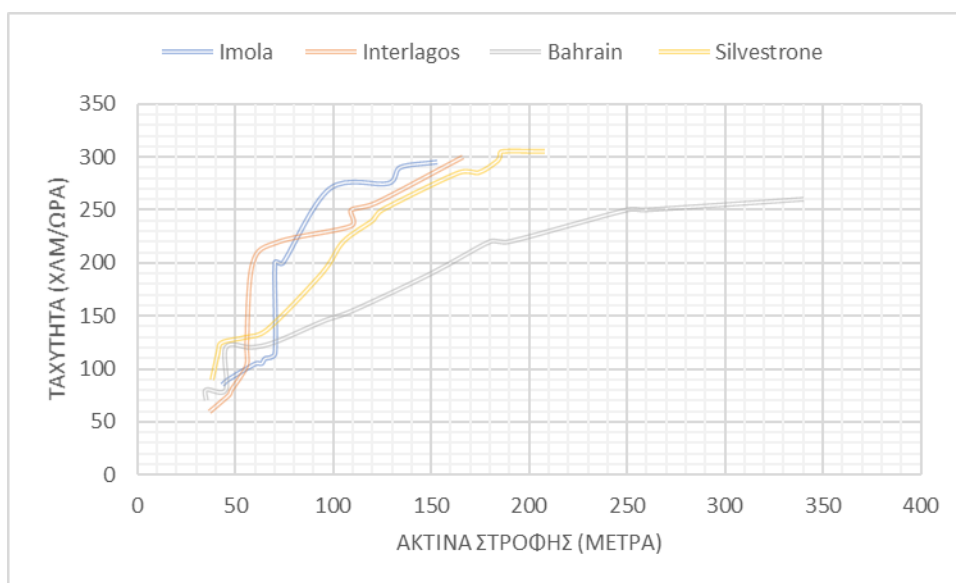


Διάγραμμα 4.5, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Imola)



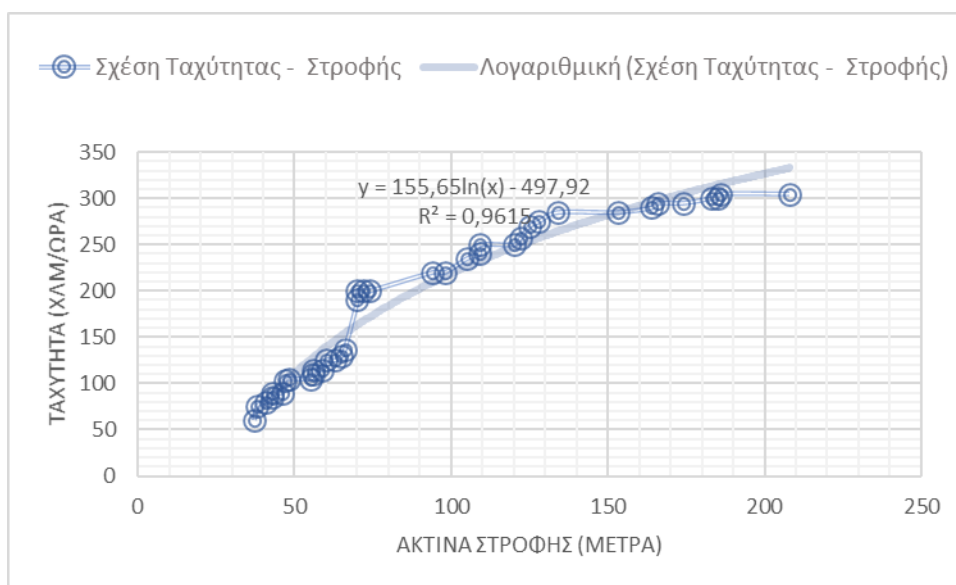
Για την συγχώνευση και συνολική αξιολόγηση των άνωθεν διαγραμμάτων, έγινε και ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (Πίνακας 4.6) με τις πληροφορίες από όλες τις πίστες.

Διάγραμμα 4.6, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Σύγκριση)



Όπως φαίνεται, όλα τα διαγράμματα ακολουθούν μια κοινή πορεία, εκτός αυτό του Μπαχρέιν. Αυτό συμβαίνει λόγω των διαφορών που υπάρχουν, όπως εξηγήθηκαν αυτές στο Κεφάλαιο 4.1, Επομένως θα εξαιρεθεί και θα κρατηθούν οι τιμές των υπόλοιπων πιστών για να υπάρχει μεγαλύτερο φάσμα τιμών. Με τα στοιχεία από τις υπόλοιπες πίστες συνεχίστηκε η διαδικασία εύρεσης εξίσωσης μέσω του διαγράμματος του Πίνακα 4.7, για τον υπολογισμό της ταχύτητας στις στροφές. Προτιμήθηκε η τιμή να είναι λογαριθμική, μιας και το διάγραμμα που προκύπτει φαίνεται να είναι πιο ρεαλιστικό με αυτό τον τρόπο. Αυτό συμβαίνει γιατί η γραμμή του διαγράμματος σε γενικές γραμμές, ακολουθεί μια ομαλή καμπύλη όπου σε μικρές ακτίνες δίνει μικρές τιμές της ταχύτητας ενώ σε μεγαλύτερες ακτίνες δίνει μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας. Το ίδιο συμβαίνει περίπου και στην πολυωνυμική εξίσωση, αλλά στην

Διάγραμμα 4.7, Διάγραμμα Σχέσης Ταχύτητας – Ακτίνας Στροφής (Εύρεση Εξίσωσης)



λογαριθμική φαίνεται να είναι πιο ακριβής. Στις άλλες πιθανές περιπτώσεις, όπως εκθετική ή γραμμική εξίσωση, η καμπύλη θα είχε λάθος πορεία, δηλαδή στο πέρας της η καμπύλη δεν θα άρχιζε να φθίνει, όπως συμβαίνει τώρα.

Στο διάγραμμα του Πίνακα 4.7, προέκυψε η εξής λογαριθμική εξίσωση :  $y=155,65\ln(x) - 497,92$ , όπου  $y$  θα είναι η ταχύτητα σε χιλιόμετρα / ώρα, και όπου  $x$  είναι η τιμή που θα επιλέγεται ανάλογα με το μέγεθος της ακτίνας της στροφής σε μέτρα.

## 5. Σχεδιασμός Αγωνιστικής Πίστας Κατηγορίας 1

Αφού πραγματοποιήθηκε η διερεύνηση των κανονισμών της FIA και αποκτήθηκε μία σχετική εμπειρία από τις ήδη υπάρχουσες αγωνιστικές πίστες, προχώρησε ο σχεδιασμός της αγωνιστικής πίστας. Η μελέτη και ο σχεδιασμός θα παρουσιαστούν σε έξι υποκεφάλαια. Σε αυτά τα υποκεφάλαια θα καλυφτεί η Οριζοντογραφία (5.1), η Μηκοτομή (5.2), οι Διατομές (5.3), η Οδοστρωσία (5.4), οι Υποδομές (5.5) και η Τοποθεσία (5.6). Τα σχέδια και η μελέτη που πραγματοποιήθηκε εκπονήθηκαν βάση των Κανονισμών της FIA. Βάση της έρευνας που έγινε στο Κεφάλαιο 4.2, υπολογίστηκε και η πιθανή ταχύτητα που θα μπορούν να αγωνίζονται σε αυτή την πίστα τα αγωνιστικά αυτοκίνητα τύπου Φόρμουλα 1.

### 5.1 Οριζοντογραφία

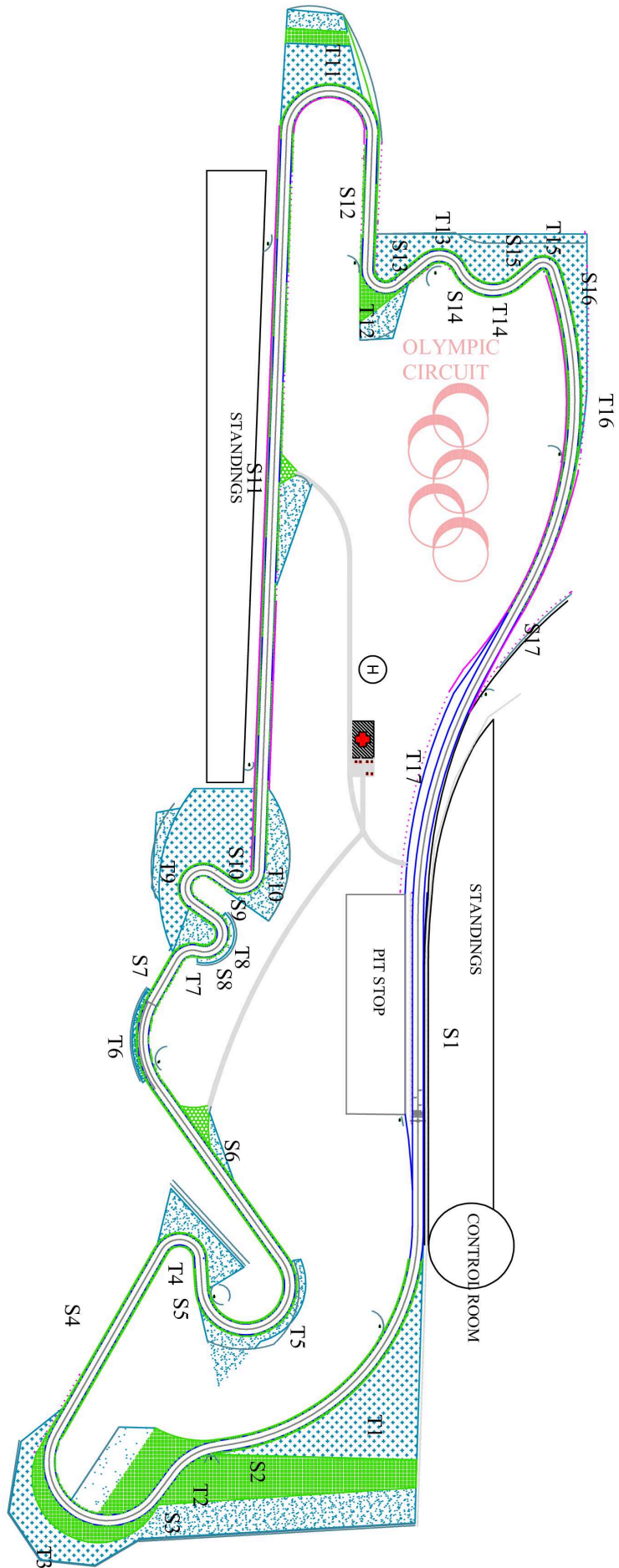
Η αγωνιστική πίστα έχει Συνολικό Μήκος 5.304 μέτρα και 17 στροφές, οι οποίες καλύπτουν το 52% της πίστας. Η πορεία των αυτοκινήτων που θα αγωνίζονται θα είναι δεξιόστροφη, για αυτό και η πρώτη στροφή (T1) έχει ακτίνα 300 μέτρα και αλλαγή διεύθυνσης τουλάχιστον  $45^\circ$  [FIA, Παράρτημα Ο, Ενότητα 7.8]. Δε γίνεται να είναι αριστερόστροφη καθώς έτσι δε θα ίσχυε αυτή η παράμετρος του κανονισμού. Σε όλες τις στροφές, στο εσωτερικό μέρος προβλέπεται η τοποθέτηση υπερυψωμένων κρασπέδων μικρού πάχους (Kerf) για να βοηθούν τα αυτοκίνητα να τις διασχίζουν με μεγάλη ταχύτητα αλλά και με ασφάλεια. Αυτό συμβαίνει επειδή τα Kerfs έχουν λίγο πιο τραχιά επιφάνεια από την ασφαλτο, επομένως οι τροχοί θα τείνουν να ακολουθήσουν την πορεία της στροφής.

Στην Εικόνα 5.1, παρουσιάζεται η οριζοντογραφία της αγωνιστικής πίστας που σχεδιάστηκε. Αυτό το σχέδιο αποτελεί και το μοντέλο της πίστας. Οι γραμμές και τα χρώματα που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι όπως ορίζει η FIA. Έχει αναρτηθεί και το αντίστοιχο υπόμνημα (Εικόνα 5.2). Σε αυτό το σχέδιο φαίνονται τα όρια της πίστας.

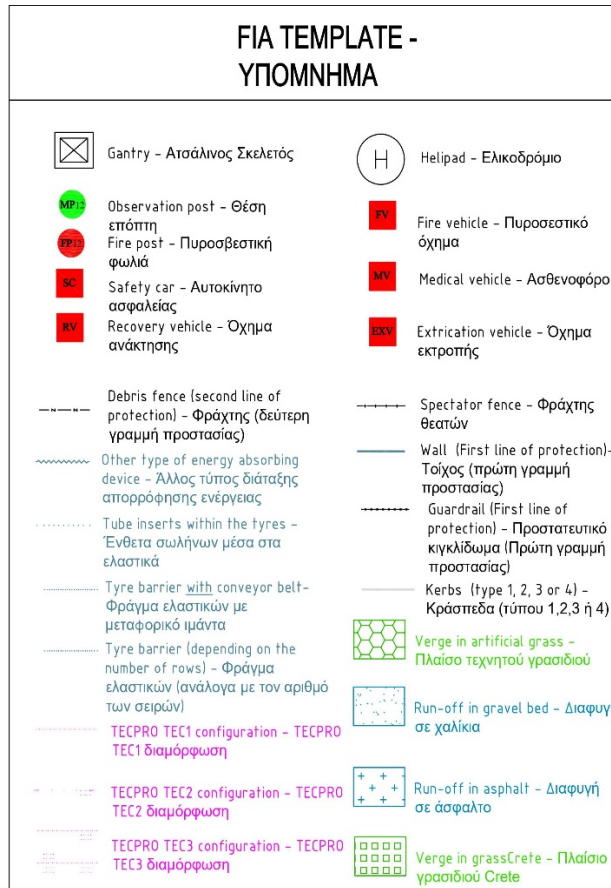
Στην Εικόνα 5.3, πάνω στην οριζοντογραφία του δρόμου έχει χαραχθεί και η πιθανή πορεία των αγωνιστικών αυτοκινήτων. Αυτό έχει γίνει για να υπολογιστούν και οι ακτίνες στροφής, όπως έγινε και με τις υφιστάμενες αγωνιστικές πίστες, των αυτοκινήτων για τον υπολογισμό της ταχύτητας τους στις στροφές.

Στην Εικόνα 5.4, παρουσιάζεται ξανά η οριζοντογραφία της αγωνιστικής πίστας που σχεδιάστηκε. Η διαφορά αυτού του σχεδίου σε σχέση με το σχέδιο της οριζοντογραφίας της Εικόνας 5.1 είναι ότι στην Εικόνα 5.4 παρουσιάζονται λεπτομερώς όλα τα γεωμετρικά στοιχεία της αγωνιστικής πίστας, όπως απαιτεί η FIA.

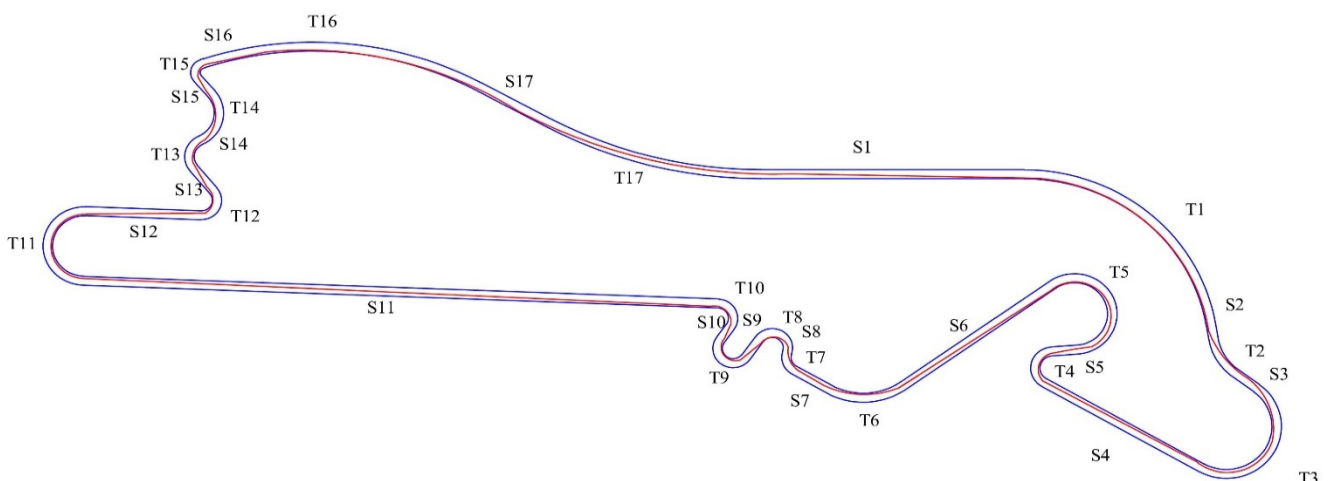
Στον Πίνακα 5.1, συγκεντρώθηκαν όλα τα στοιχεία της πίστας, όπως έγινε και προηγουμένως και με τις υφιστάμενες αγωνιστικές πίστες.



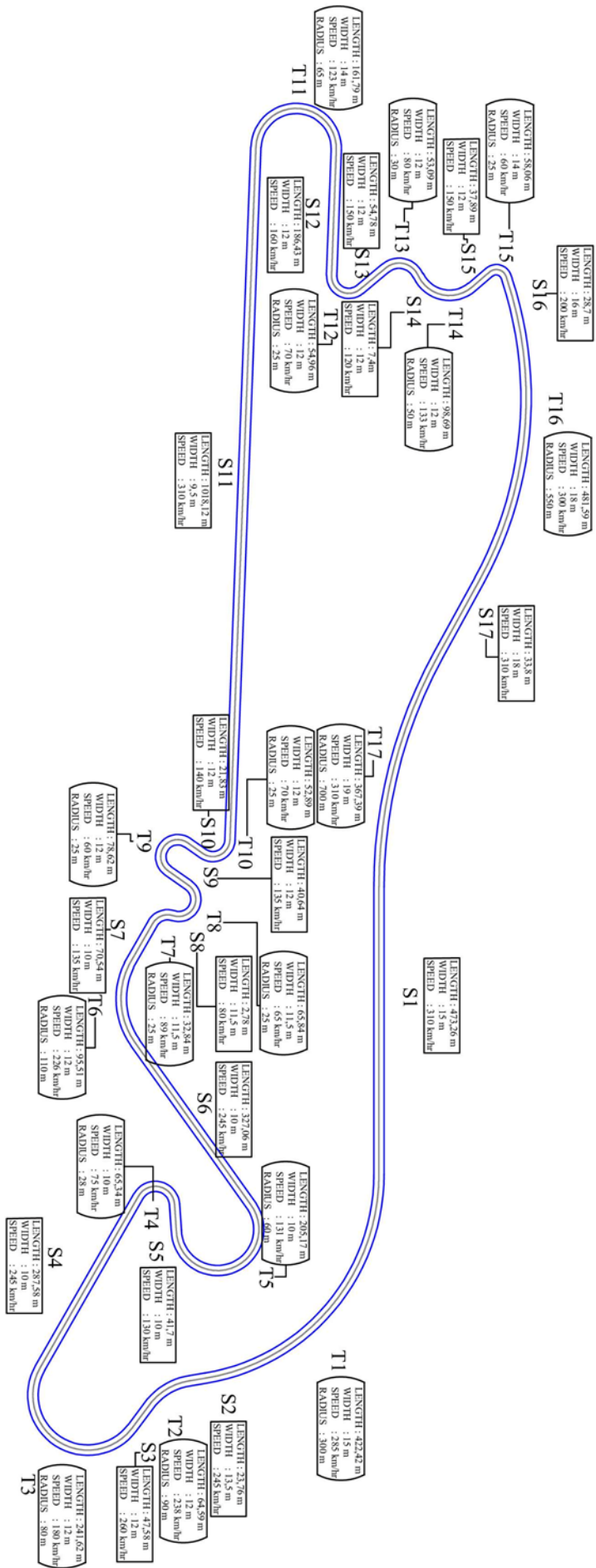
Εικόνα 5.1, Οριζοντογραφία Αγωνιστικής Πίστας, Μοντέλο



Εικόνα 5.2, Υπόμνημα της FIA για τον Σχεδιασμό Αγωνιστικής Πίστας



Εικόνα 5.3, Πορεία Αυτοκινήτων



Πίνακας 5.1, Στοιχεία Αγωνιστικής Πίστας

Συνολικό Μήκος		Χρόνος		Μέση Ταχύτητα		Ευθεία		Ελικτότητα	
5304,264 μέτρα		1:50 λεπτά		171 χλμ/ώρα		2579,5 μέτρα		326	
5,30 χιλιόμετρα						2,58 χιλιόμετρα			
A/A	Μήκος (μ)	Πλάτος (μ)	Ταχύτητα (χλμ/ώρα)	Ακτίνα Στροφής (μ)			Γωνία Στροφής		
				Πίστας		Πορείας Αυτοκινήτων	Μοίρες		Βαθμοί
S1	473,26	15	310						
T1	422,42	15	285	T1	300	300	70	78	
S2	23,76	13,5	245	T2	90	158	39	43	
T2	64,59	12	238	T3	80	92	145	161	
S3	47,58	12	260	T4	28	28	124	138	
T3	241,62	12	180	T5	60	58	138	153	
S4	287,58	10	245	T6	110	141	46	51	
T4	65,34	10	75	T7	25	39	64	71	
S5	41,7	10	130	T8	25	25	68	76	
T5	205,17	10	131	T9	25	23	74	82	
S6	327,06	10	245	T10	25	27	151	168	
T6	95,51	12	226	T11	65	54	100	111	
S7	70,54	10	135	T12	25	27	168	187	
T7	32,84	11,5	89	T13	30	34	114	127	
S8	2,78	11,5	80	T14	50	59	67	74	
T8	65,84	11,5	65	T15	25	19	53	59	
S9	40,64	12	135	T16	550	610	102	113	
T9	78,62	12	60	T17	700	843	31	34	
S10	21,83	12	140						
T10	52,89	12	70						
S11	1018,12	9,5	310						
T11	161,794	14	123						
S12	186,43	12	160						
T12	54,96	12	70						
S13	54,78	12	150						
T13	53,09	12	80						
S14	7,4	12	120						
T14	98,69	12	133						
S15	37,89	12	150						
T15	58,06	14	60						
S16	28,7	16	200						
T16	481,59	18	300						
S17	33,8	18	310						
T17	367,39	19	310						

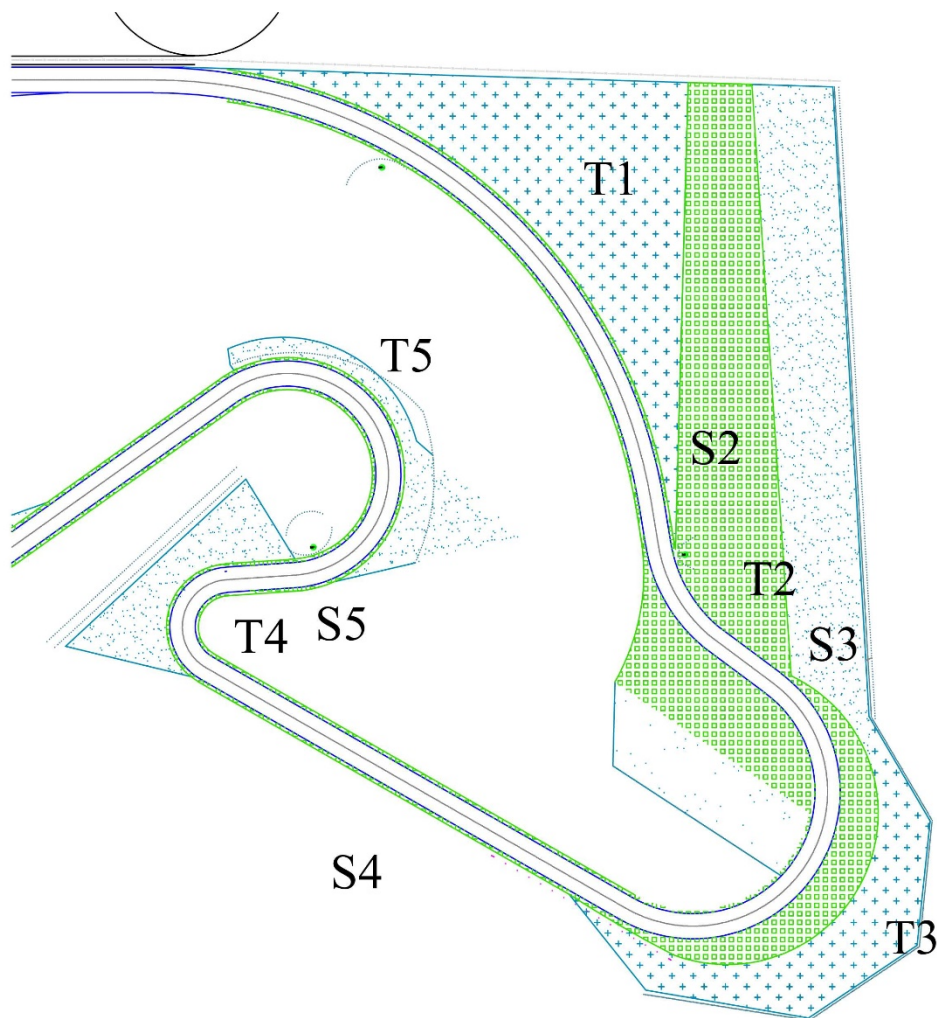
Στον Πίνακα 5.1 φαίνονται συγκεντρωμένα όλα τα στοιχεία της αγωνιστικής πίστας που σχεδιάστηκε, όπως έγινε και με τις υφιστάμενες πίστες που μελετήθηκαν. Οι ταχύτητες στις ευθείες προσδιορίζονται ευκολότερα καθώς εξαρτώνται από το μήκος και τις δυνατότητες επιτάχυνσης των αγωνιστικών οχημάτων. Γενικώς, είναι γνωστό ότι ένα μονοθέσιο της Φόρμουλα 1 αναπτύσσει ταχύτητα 0–160 χλμ/ώρα και αντίστοιχα επιβραδύνει εντελώς από αυτή την ταχύτητα σε λιγότερο από πέντε δευτερόλεπτα. Στις στροφές χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση  $y=155,65\ln(x) - 497,92$ , η οποία προέκυψε από το διάγραμμα που φαίνεται στον Πίνακα 4.6, στο Κεφάλαιο 4.2. Αξίζει να σημειωθεί ότι από την εξίσωση εξαιρέθηκαν τυχόν υπερβολικά μεγάλες ή μικρές ταχύτητες που προκύπτανε και δεν ήταν αντιπροσωπευτικές, κυρίως στις στροφές με πολύ μεγάλες ακτίνας.

Η Ελικτότητα είναι σχετικά μεγάλη και η Μέση Ταχύτητα μικρή σε σχέση με τις υφιστάμενες πίστες που μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν μεταξύ τους [Πίνακας 4.1], και για αυτό ο Χρόνος ενός ολοκληρωμένου γύρου είναι μεγάλος. Για να ήταν τα Στοιχεία και αυτής της πίστας πανομοιότυπα με αυτές που μελετήθηκαν θα μπορούσε να αφαιρεθεί κάποια από τις στροφές ή θα μπορούσαν οι στροφές T7 έως T10 να σχεδιάζονταν μεγαλύτερη ακτίνα. Προτιμήθηκε όμως να παραμείνει ως έχει έτσι ώστε να είναι πιο



απαιτητική προς τους οδηγούς. Εξάλλου υπάρχουν και δύο μεγάλες ευθείες αλλά και κάποιες στροφές με μεγάλη ακτίνα που θα βοηθάνε τους ταχύτερους οδηγούς να κάνουν απόπειρες προσπέρασης. Όσον αφορά τα πλάτη του οδοστρώματος, όπως και τις πίστες της Ίμολα και του Ιντερλάγκος, δεν ικανοποιείται σε κάποια σημεία πλήρως το ελάχιστο πλάτος που απαιτείται από τους κανονισμούς, τα 12 μέτρα. Στην ευθεία S11 για παράδειγμα, το πλάτος είναι 9,5 μέτρα. Πρακτικά, ακόμη και τα 9,5 μέτρα είναι αρκετά μεγάλο πλάτος για μία τέτοια μεγάλη ευθεία, αν αναλογιστεί ότι το πλάτος μιας Φόρμουλας 1 για παράδειγμα είναι μικρότερο από δύο μέτρα. Επομένως, δεν θα υπάρχει κάποιο ουσιαστικό πρόβλημα.

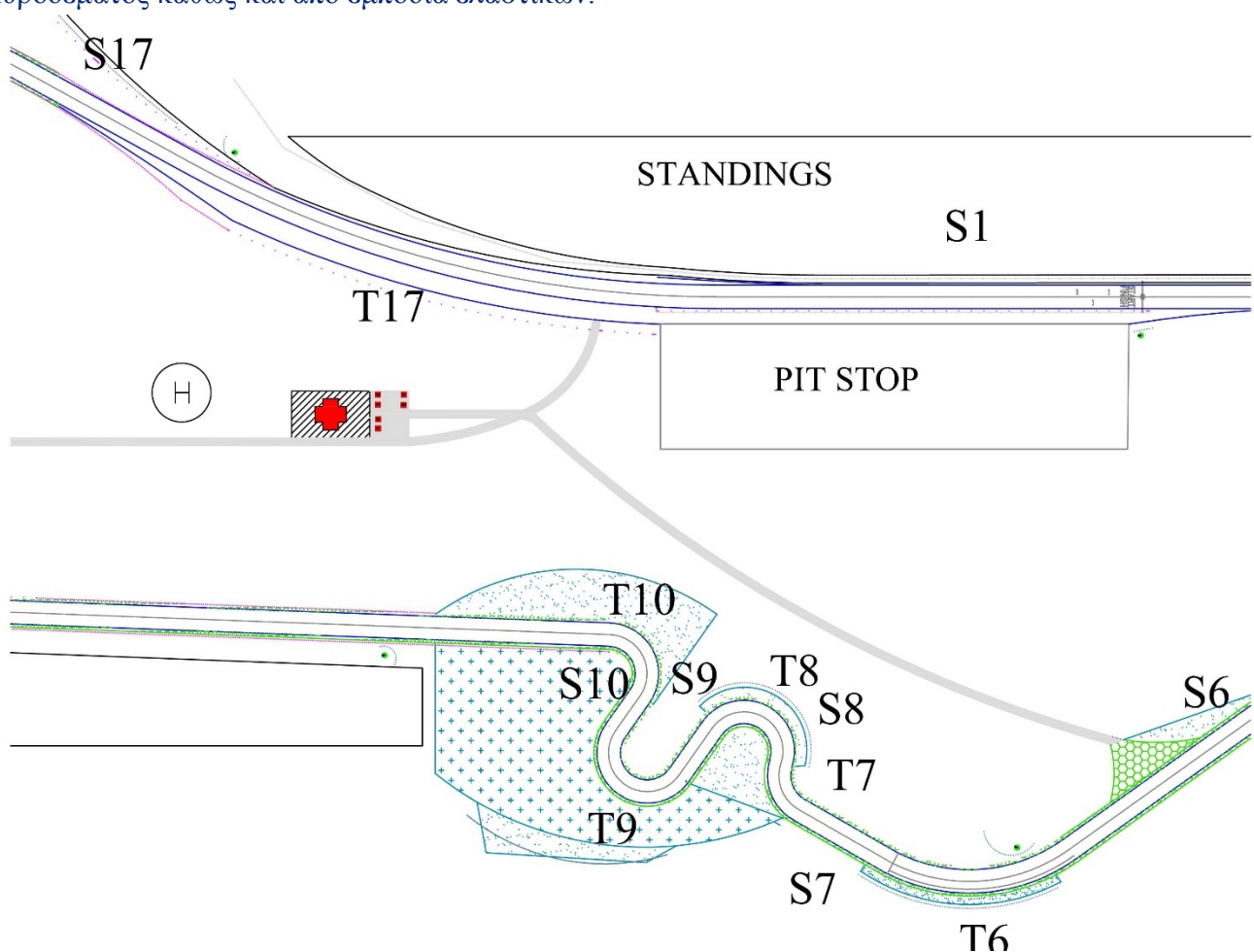
Στη συνέχεια, το Μοντέλο της πίστας (Εικόνα 5.1) διαιρέθηκε σε τρία κομμάτια για την επιμέρους διερεύνηση της. Σε κάθε κομμάτι θα εξηγηθεί αναλυτικά ο τρόπος που σχεδιάστηκε και θα αιτιολογηθεί κάθε βήμα.



Εικόνα 5.5, Αγωνιστική Πίστα 1/3

Στο σχέδιο της Εικόνας 5.5 είναι το δεξιό μέρος της πίστας. Εδώ υπάρχουν 5 στροφές και 5 ευθείες. Παρατηρείται ότι η T1 είναι η πρώτη στροφή της πίστας η οποία ακολουθείται από μία μεγάλη ευθεία. Για αυτό τον λόγο προτιμήθηκε να μπει εξωτερικά της στροφής ένας μεγάλος ασφαλτοστρωμένος χώρος διαφυγής (Run off Area), έτσι ώστε τα αυτοκίνητα που θα εκτραπούν της πορείας τους να έχουν χρόνο να μειώσουν την ταχύτητα τους πριν την σύγκρουση ή ακόμα να μπορέσουν να ξανά ανακτήσουν τον έλεγχο. Στη συνέχεια ακολουθεί μια μεγάλη λωρίδα συμπαγούς επιφάνειας που αποτελείται από γρασίδι, ύστερα μια λωρίδα από χαλίκια και εν τέλη τρεις σειρές εμποδίων με ελαστικά. Στο υπόλοιπο κομμάτι η πίστα

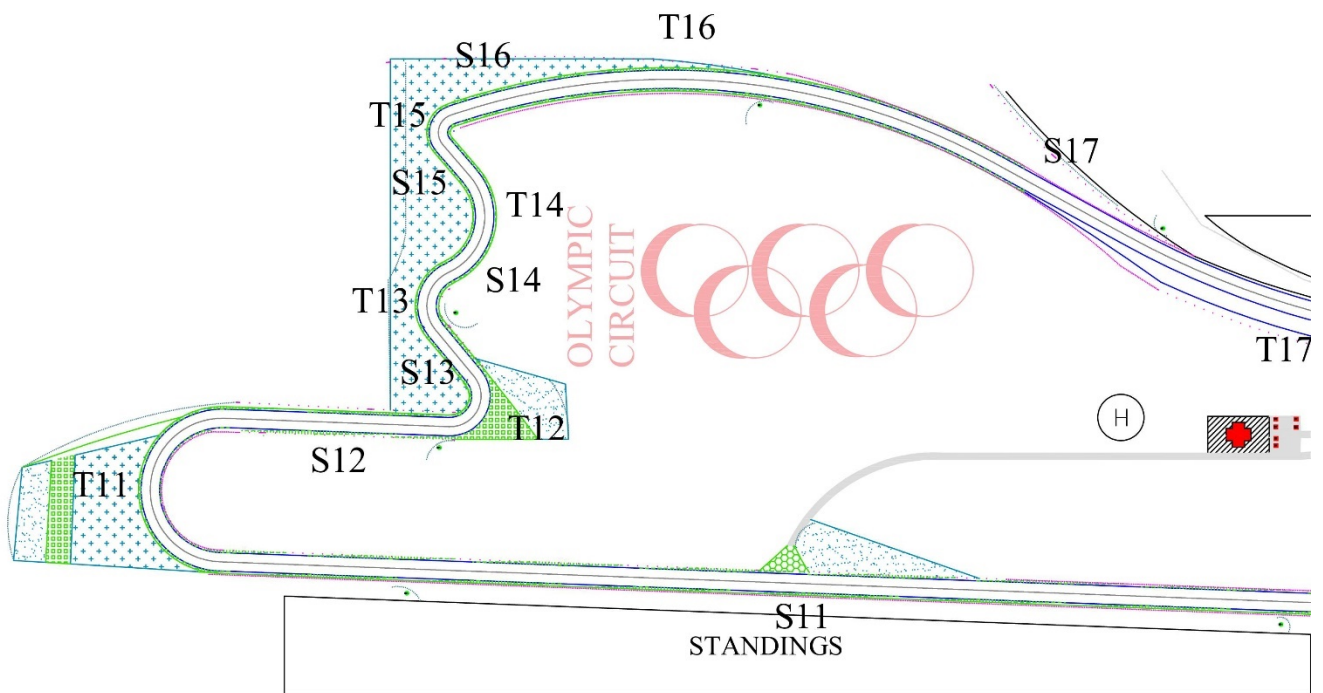
συνορεύεται από γρασίδι δύο μέτρων εκατέρωθεν όπως ορίζει ο κανονισμός, ενώ στις στροφές υπάρχουν και χαλίκια πριν τα μίας σειρές εμπόδια με ελαστικά. Στη στροφή T4 μετά το πέρας των χαλικιών έχουν τοποθετηθεί πάλι δύο σειρές εμποδίων με ελαστικά, έτσι ώστε να μηδενιστεί η πιθανότητα κάποιο αυτοκίνητο να διασχίσει όλα τα χαλίκια και να περάσει ανεξέλεγκτα στην ευθεία S6. Στις ευθείες μετά το γρασίδι τα εμπόδια είναι τοιχία που αποτελούνται από σκυροδέμα και όχι εμπόδια ελαστικών όπως συνιστάται, έτσι ώστε σε περίπτωση σύγκρουσης να μην αναπηδήσει το αυτοκίνητο και ξανά εισέλθει άτακτα στην πίστα. Επίσης, παρατηρούνται με τις μικρές πράσινες κουκίδες οι Θέσεις Ασφαλείας (Marshal Post), όπου βρίσκονται οι παρατηρητές ή οι επόπτες του αγώνα. Η επιλογή της τοποθεσίας τους έγινε όπως ορίζουν οι κανονισμοί, όπως είδαμε στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Έχουν απόσταση μικρότερη των 500 μέτρων μεταξύ τους, επικοινωνούν οπτικά μεταξύ τους και βρίσκονται πολύ κοντά στο οδόστρωμα της πίστας, σε απόσταση ενός μέτρου, για την άμεση επικοινωνία με τους οδηγούς. Τα σημεία που έχουν τοποθετηθεί είναι σημεία που θεωρούνται εξαιρετικά δύσκολα για ατύχημα, αλλά και πάλι προστατεύονται από τοιχία σκυροδέματος καθώς και από εμπόδια ελαστικών.



Εικόνα 5.6, Αγωνιστική Πίστα 2/3

Στην Εικόνα 5.6 φαίνονται έξι στροφές και επτά ευθείες. Στην μεγάλη ευθεία S1, όπως συνηθίζεται στις ευθείες προστατεύεται εκατέρωθεν από τοιχία σκυροδέματος. Εδώ δεν υπάρχει ανάμεσα στα εμπόδια και το οδόστρωμα γρασίδι, μιας και είναι η βασική ευθεία της πίστας. Προς το μέρος της κερκίδας, υπάρχει συμπληρωματικά και ένας φράχτης ύψους τεσσάρων μέτρων για έξτρα προστασία των θεατών. Δεξιά της κερκίδας βρίσκεται και το Control Room. Στην απέναντι μεριά βρίσκονται τα Pit Stop. Η είσοδος και η έξοδος από εκεί γίνονται από την ειδική διαδρομή που έχει σχεδιαστεί. Η είσοδος σε αυτά γίνεται μετά το πέρας της ευθείας S17 και στην αρχή της στροφής T17. Επομένως η είσοδος γίνεται ομαλά και δεν

επηρεάζει τη διεξαγωγή του αγώνα. Η έξοδος γίνεται στην ευθεία S1. Πάλι δεν επηρεάζεται η διεξαγωγή του αγώνα, καθώς το αυτοκίνητο που εξέρχεται έχει ήδη προλάβει να ανακτήσει κάποια ταχύτητα και το πλάτος της S1 είναι αρκετό για να φιλοξενήσει άνετα τουλάχιστον δύο αυτοκίνητα σε αυτό το σημείο. Κεντρικά της πίστας, υπάρχει το κέντρο υγείας, το ελικοδρόμιο, καθώς και ο χώρος στάθμευσης των οχημάτων έκτακτης ανάγκης (Αυτοκίνητο Ασφαλείας, Ασθενοφόρο κτλ.). Βρίσκονται σε αυτή την τοποθεσία έτσι ώστε να υπάρχει όσο το δυνατό πιο άμεση πρόσβαση σε κάθε σημείο της πίστας. Για αυτό το λόγο υπάρχουν και οι ενδιάμεσοι δρόμοι, οι οποίοι οδηγούν σε κάθε άκρη της πίστας και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από τις υπηρεσίες ασφαλείας. Στην ευθεία S6, μετά το πέρας της λωρίδας ,ανάμεσα στο οδόστρωμα και το γρασίδι έχει μπει και μια λωρίδα τεχνητού γρασσιδιού, το οποίο δεν έχει τόσο τραχύ επιφάνεια όσο το φυσικό γρασίδι. Αυτό έχει γίνει στην είσοδο του υπηρεσιακού δρόμου προς την πίστα, κυρίως για να έχουν τα υπηρεσιακά οχήματα πιο εύκολη είσοδο στη πίστα. Οι στροφές T7, T8 και T9 είναι οι πιο κλειστές και δύσκολες στροφές της πίστας και είναι αυτές που ανεβάζουν την Ελικτότητα της, μειώνουν τη Μέση ταχύτητα και ανεβάζουν τον Χρόνο της γύρας. Θα μπορούσε στη θέση αυτών των στροφών να έμπαιναν πιο ήπιες στροφές ή ακόμα να εξαιρούνταν εντελώς, αλλά η πρόθεση ήταν να δοθεί ένας βαθμός δυσκολίας για τους οδηγούς και για αυτό και προτιμήθηκε η τοποθέτησή τους. Ακόμη, παρατηρούνται και εδώ άλλες δύο Θέσεις Ασφαλείας.



Εικόνα 5.7, Αγωνιστική Πίστα 3/3

Στο τρίτο κομμάτι της πίστας υπάρχουν επτά στροφές και επτά ευθείες. Υπάρχει η δεύτερη μεγάλη ευθεία η οποία συνοδεύεται από μια λωρίδα γρασίδι και τοιχία σκυροδέματος. Επομένως, στην στροφή που ακολουθεί (T11), υπάρχει ένας μεγάλος ασφαλτοστρωμένος χώρος διαφυγής, έπειτα γρασίδι, χαλίκια και τρεις σειρές εμποδίων με ελαστικά, ομοίως όπως συμβαίνει και στη στροφή T1. Στις επόμενες διαδοχικές στροφές προτιμήθηκε να μπει εξωτερικά, μετά τη συμπαγή λωρίδα γρασιδιού πάλι χώρος διαφυγής (Run

off Area) αντί για χαλίκι. Έγινε αυτή την επιλογή επειδή σε αυτές τις στροφές δε θα έχουν χρόνο τα αγωνιστικά αυτοκίνητα να φτάσουν εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες, επομένως σε περίπτωση που ξεφύγουν από την πορεία τους θα προλάβουν να μειώσουν ταχύτητα πριν τη σύγκρουση ενώ ταυτόχρονα δε θα αποτελούν κίνδυνο για τους άλλους αγωνιζόμενους. Κυρίως όμως, θα έχουν την ευκαιρία να ξανά ανακτήσουν τον έλεγχο και να συνεχίσουν τον αγώνα χωρίς κάποια υλική ζημιά που ίσως προκαλούσαν τα χαλίκια. Κατά μήκος της ευθείας S11, υπάρχει η δεύτερη κερκίδα η οποία προστατεύεται και αυτή από φράχτη ύψους τεσσάρων μέτρων.

## 5.2 Μηκοτομή

Για τον σχεδιασμό των καμπυλών της Μηκοτομής, υπολογίστηκαν οι ελάχιστες τιμές για τις κυρτές και αντίστοιχα για τις κοίλες καμπύλες από τον τύπο που ορίζουν οι κανονισμοί, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.2

Πίνακας 5.2, Εύρεση Ελάχιστης Ακτίνας Μηκοτομής

$R=V^2/K$		
R=		Μέτρα
K=	20	Κοίλο
K=	15	Κυρτό
V=		Χλμ/ώρα

Στον Πίνακα 5.3, οι τιμές της Ελ. τιμής είναι οι ελάχιστες τιμές της καμπύλης σύμφωνα με τον τύπο, ενώ οι τιμές του Τιμές Σχεδ. είναι οι τιμές βάση τις οποίες έγινε ο σχεδιασμός της Μηκοτομής. Η κλίση στην ευθεία εκκίνησης S1 είναι μικρότερη του 2%, για να μη δυσκολεύονται τα αυτοκίνητα στην εκκίνηση. Με αυτές τις τιμές έγινε και ο σχεδιασμός της Μηκοτομής. Λόγω ελλείψεως λογισμικού οδοποιίας δεν υπολογιστήκανε οι χωματισμοί.

Στις εισόδους των στροφών έγινε η προσπάθεια οι αλλαγές κλίσεις να είναι όσο πιο ήπιες γίνεται, ώστε έτσι όταν οι οδηγοί φρενάρουν για να μειώσουν ταχύτητα να μην υπάρχουν άλλες επιπλοκές λόγω κάποιας μεγάλης αλλαγής κλίσης.

Οι στροφές T5 και T11 βρίσκονται στα χαμηλότερα σημεία της πίστας. Επομένως, ίσως να είναι και απαραίτητη η κατασκευή κάποιου αποστραγγιστικού έργου για ταχεία αποστράγγιση των όμβριων.

Πίνακας 5.3 (α),Στοιχεία Μηκοτομής

A/A		Ελ.Τιμή	Τιμή Σχεδ
S1	R=	4805	7500
	K=	20	
	V=	310	
T1	R=	5415	5415
	K=	15	
	V=	285	
S2	R=	4001,667	4002
	K=	15	
	V=	245	
T2-S3	R=	2205	2205
	K=	20	
	V=	210	
T3	R=	1126,667	2500
	K=	15	
	V=	130	
S4	R=	3001,25	3002
	K=	20	
	V=	245	
T4	R=	481,6667	482
	K=	15	
	V=	85	
S5	R=	1126,667	1127
	K=	15	
	V=	130	
T5	R=	781,25	405
	K=	20	
	V=	125	
S6	R=	4001,667	4002
	K=	15	
	V=	245	
T6	R=	4932,267	882
	K=	15	
	V=	272	
S7	R=	911,25	912
	K=	20	
	V=	135	
T7-S8	R=	266,45	405
	K=	20	
	V=	73	

Πίνακας 5.3 (β),Στοιχεία Μηκοτομής

T8	R=	281,666 7	540
	K=	15	
	V=	65	
S9	R=	911,25	912
	K=	20	
	V=	135	
T9	R=	240	1000
	K=	15	
	V=	60	
S10	R=	980	1000
	K=	20	
	V=	140	
T10	R=	245	700
	K=	20	
	V=	70	
S11	R=	6406,66 7	7500
	K=	15	
	V=	310	
T11	R=	756,45	900
	K=	20	
	V=	123	
S12	R=	1706,66 7	1800
	K=	15	
	V=	160	
T12	R=	326,666 7	1500
	K=	15	
	V=	70	
S13	R=	1125	1200
	K=	20	
	V=	150	
T13	R=	426,666 7	900
	K=	15	
	V=	80	
S14-T14	R=	781,25	900
	K=	20	
	V=	125	

Πίνακας 5.3 (γ), Στοιχεία Μηκοτομής

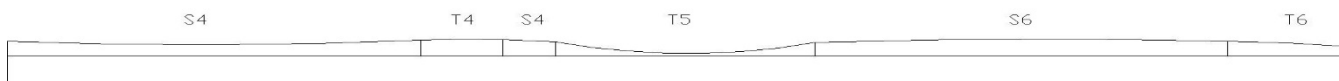
S15-T15	R=	240	850
	K=	15	
	V=	60	
S16-T16	R=	4500	5500
	K=	20	
	V=	300	

Πίνακας 5.3 (δ), Στοιχεία Μηκοτομής

S17	R=	6406,667	1200
	K=	15	
	V=	310	
T17	R=	6406,667	6450
	K=	15	
	V=	310	



Εικόνα 5.8, Μηκοτομή 1/5



Εικόνα 5.9, Μηκοτομή 2/5



Εικόνα 5.10, Μηκοτομή 3/5



Εικόνα 5.11, Μηκοτομή 4/5

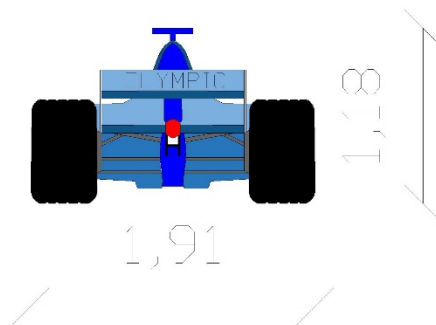


Εικόνα 5.12, Μηκοτομή 5/5

### 5.3 Διατομές

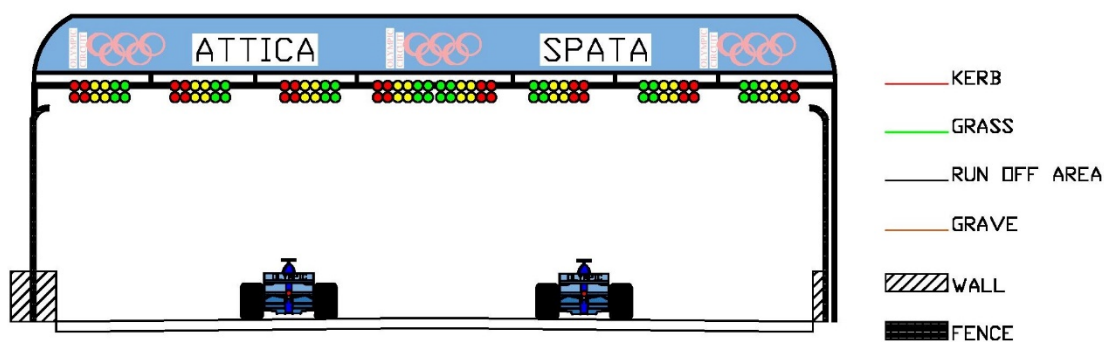
Σχεδιαστήκανε στο AutoCAD και οι τυπικές διατομές της πίστας σε κάθε ευθεία και στροφή που υπάρχει. Οι Επικλίσεις είναι μέσα στα όρια των κανονισμών. Στις ευθείες, αν και η ελάχιστη τιμή της Επικλίσης που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είναι 1,5% [FIA Παράρτημα Ο, Ενότητα 7.5], προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθεί ως Επικλίση η τιμή 2,5%, όπως ορίζουν και οι ελληνικοί κανονισμοί της οδοποιίας για πιο ορθή και ταχύτερη αποστράγγιση των όμβριων [ΟΜΟΕ-Χ].

Στις διατομές που παρουσιάζονται, θα είναι επάνω στο οδόστρωμα και ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο, Φόρμουλα 1 (Εικόνα 5.13), για καλύτερη κατανόηση του μεγέθους της πίστας. Πάλι το μονοθέσιο αυτό σχεδιάστηκε μέσω AutoCAD και οι διαστάσεις του είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια της FIA [19].



Εικόνα 5.13, Αγωνιστικό αυτοκίνητο, Φόρμουλα 1

S1



Εικόνα 5.14, Διατομή 1

A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επίκλιση
S1	15	310	2,50%

Στην Εικόνα 5.14 είναι η εκκίνηση και ο τερματισμός του εκάστοτε αγώνα. Οι σηματοδότες βρίσκονται σε ύψος άνω των τεσσάρων μέτρων, όπως ορίζουν οι κανονισμοί και είναι εύκολα ορατοί στα αυτοκίνητα. Αριστερά και δεξιά έχει τοποθετηθεί για έξτρα προστασία και ένας φράχτης ύψους τεσσάρων μέτρων για την προστασία της κερκίδας στα αριστερά και για την προστασία του διαδρόμου των Πιτ Στοπ στα δεξιά. Στις παρακάτω Εικόνες παρουσιάζονται οι τυπικές διατομές της υπόλοιπης πίστας.

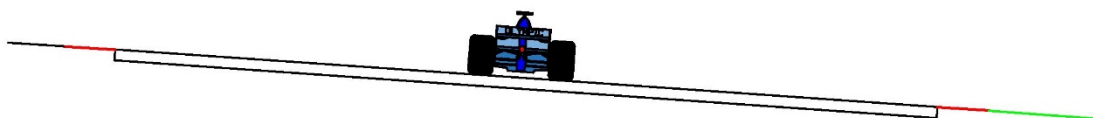
Οι διατομές στις ευθείες είναι αμφικλινείς. Σε καμία στροφή δεν υπάρχει ανάποδη κλίση, αν και δεν απαγορεύεται από τους κανονισμούς.

Το μικρότερο πλάτος και σε αυτή την πίστα είναι 9,5 μέτρα, μικρότερο δηλαδή από αυτό που ορίζουν οι κανονισμοί. Πρακτικά όμως όπως είδαμε στο Κεφάλαιο 4.1, σε κάποιες από τις πίστες έχουμε πλάτη μικρότερα των 12 μέτρων, επομένως είναι αποδεκτό. Οι αυξομειώσεις των πλατών του οδοστρώματος γίνεται σταδιακά.



A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επικλίση
S1	15	310	2,50%
T1	15	285	7%
S2	13,5	245	2,50%
T2-S3	12	280	3%-1,5%
T3	12	260	4%

T1



S2



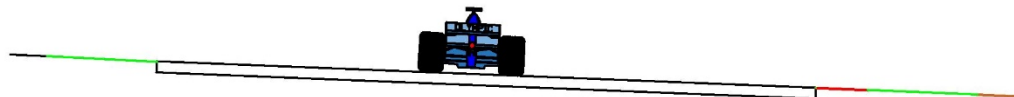
T2



S3



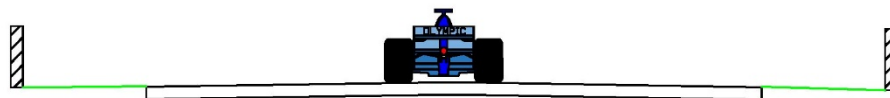
T3



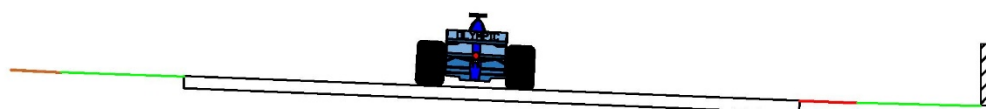
Εικόνα 5.15, Διατομή 2

A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επίκλιση
S1	15	310	2,50%
T1	15	285	7%
S2	13,5	245	2,50%
T2-S3	12	280	3%-1,5%
T3	12	260	4%
S4	10	215	2,50%
T4	10	75	4%
S5	10	130	2,50%
T5	10	125	4%
S6	10	245	2,50%

S4



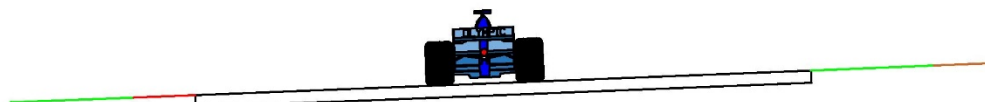
T4



S5



T5



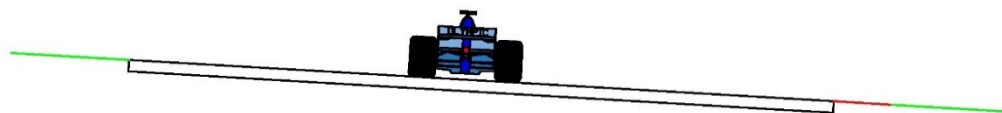
Εικόνα 5.16, Διατομή 3

S6



A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επικλίση
T6	12	272	6%
S7	10	135	2,50%
T7-S8	11,5	73-80	3,5%- 2,5%
T8	11,5	65	3,50%

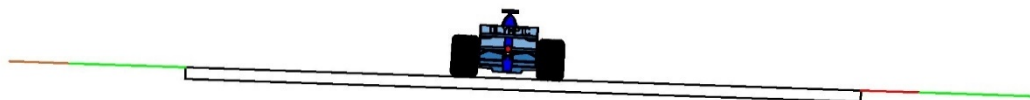
T6



S7



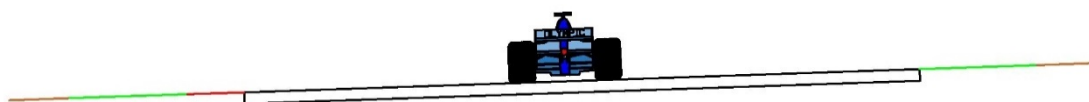
T7



S8



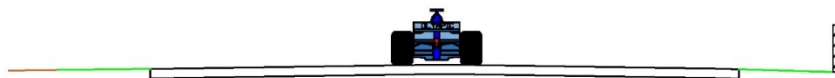
T8



Εικόνα 5.17, Διατομή 4

A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επίκλιση
S9	11,5	135	2,50%
T9	12	60	3,50%
S10	12	140	2,50%
T10	12	70	3%
S11	12	310	2,50%

S9



T9



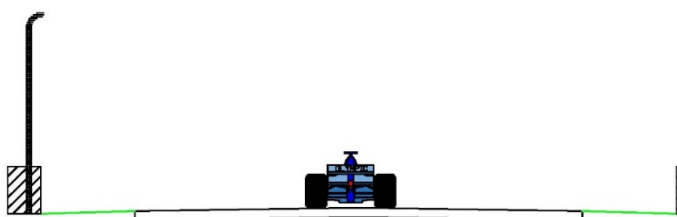
S10



T10



S11



Εικόνα 5.18, Διατομή 5

A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επίκλιση
T11	12	123	6%
S12	12	160	2,50%
T12	12	70	4%
S13	9,5	150	2,50%
T13	14	80	4%

T11



S12



T12



S13



T13



Εικόνα 5.19, Διατομή 6

A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επίκλιση
S14-T14	12	120 125	2,5%-4%
S15-T15	12 14	150 160	2,5%-4%
S16-T16	16 18	200 300	4%-5%

S14



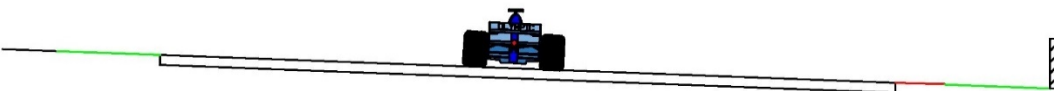
T14



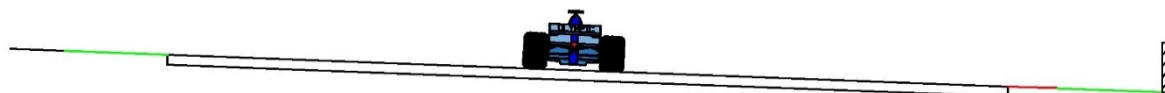
S15



T15

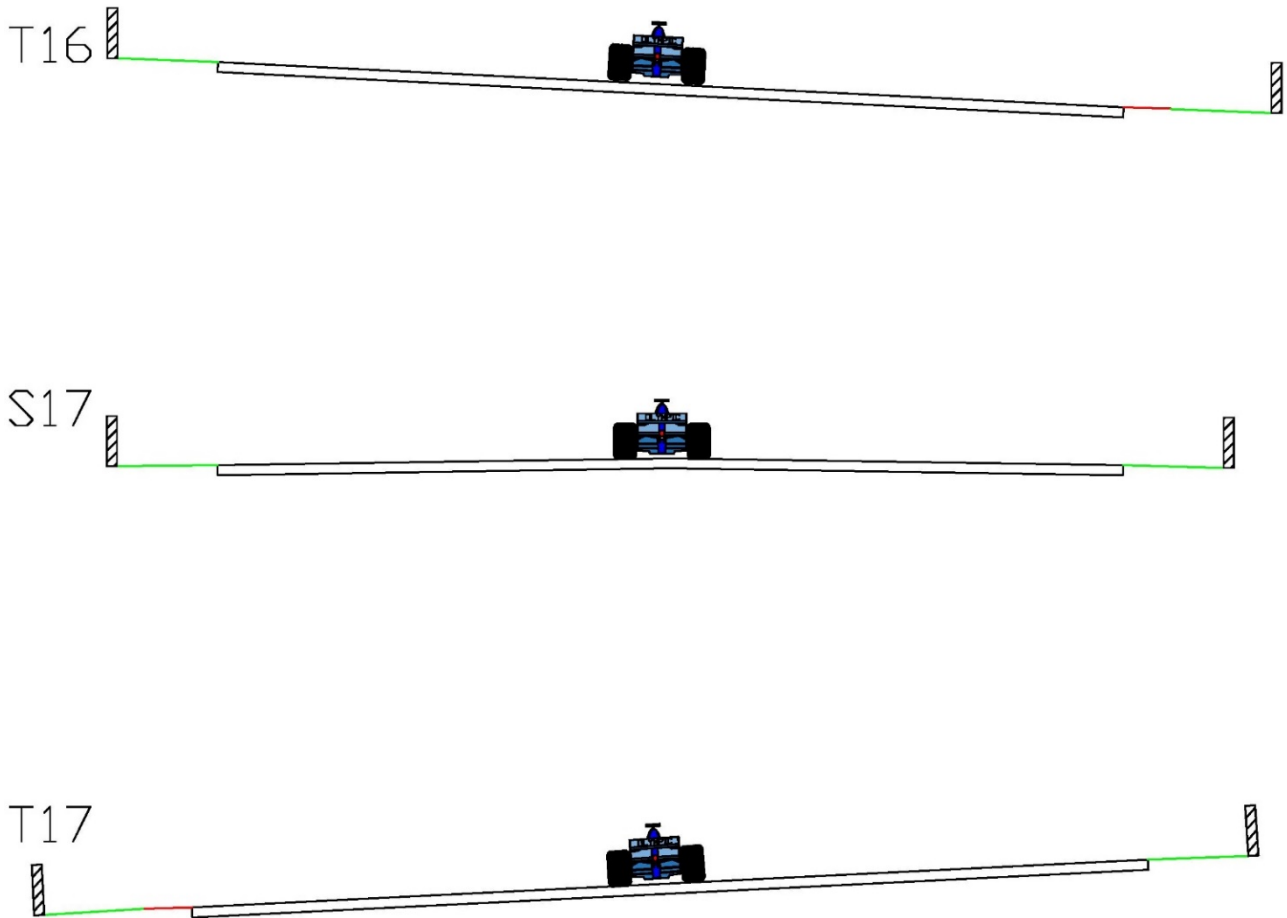


S16



Εικόνα 5.20, Διατομή 7

A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επίκλιση
S16-T16	16 18	200 300	4%-5%
S17	18	310	2,50%
T17	19	310	5%



Εικόνα 5.21, Διατομή 8

Στον Πίνακα 5.4 που ακολουθεί είναι συγκεντρωμένα όλα τα στοιχεία των διατομών.

Πίνακας 5.4, Στοιχεία Διατομών

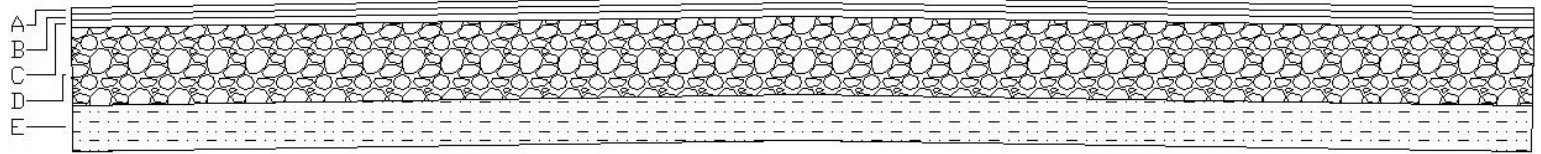
A/A	Πλάτος (Μέτρα)	Ταχύτητα (Χλμ/ώρα)	Επίκλιση
S1	15	310	2,50%
T1	15	285	7%
S2	13,5	245	2,50%
T2-S3	12	280	3%-1,5%
T3	12	260	4%
S4	10	215	2,50%
T4	10	75	4%
S5	10	130	2,50%
T5	10	125	4%
S6	10	245	2,50%
T6	12	272	6%
S7	10	135	2,50%
T7-S8	11,5	73-80	3,5%-2,5%
T8	11,5	65	3,50%
S9	11,5	135	2,50%
T9	12	60	3,50%
S10	12	140	2,50%
T10	12	70	3%
S11	12	310	2,50%
T11	12	123	6%
S12	12	160	2,50%
T12	12	70	4%
S13	9,5	150	2,50%
T13	14	80	4%
S14-T14	12	120-125	2,5%-4%
S15-T15	12-14	150-160	2,5%-4%
S16-T16	16-18	200-300	4%-5%
S17	18	310	2,50%
T17	19	310	5%

## 5.4 Οδοστρωσία

Σε αυτή την αγωνιστική πίστα θα ακολουθηθεί το παράδειγμα της J.M. Harrington Asphalt Paving Inc. πάνω στο κομμάτι του οδοστρώματος, όπως παρουσιάζεται στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο (2.6). Συνεπώς θα έχουμε 3 στρώσεις ασφάλτου. Η πρώτη (ασφαλτική στρώση Βάσης) θα έχει πάχος 5 εκατοστά, η δεύτερη (ασφαλτική στρώση Κυκλοφορίας) 4 εκατοστά και η τρίτη (ασφαλτική Αντιολισθηρή στρώση) 4 εκατοστά. Η αντιολισθηρή είναι σημαντική στρώση, καθώς προσφέρει αυξημένη τριβή μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος και διευκολύνει τα οχήματα να πραγματοποιούν μεγάλες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις. Σε συνδυασμό με τις κλίσεις και τις επικλίσεις που εφαρμόστηκαν επιτυγχάνεται η ταχεία αποστράγγιση όσο πιο σύντομα γίνεται, μιας και οι διακοπές του αγώνα λόγω βροχοπτώσεων προκαλούν μεγάλες οικονομικές ζημιές στην εκάστοτε διοργανώτρια αρχή. Οι 3 στρώσεις ασφάλτου εδράζονται πάνω σε χαλίκια καλά διαβαθμισμένα (3<sup>Α</sup> υλικό βάσης και υπόβασης) τα οποία θα έχουν επίσης συμπυκνωθεί



καλά σε στρώσεις 10 εκατοστών και θα έχουνε πάχος 0,3 μέτρα συνολικά. Φυσικά, πρώτα απ' όλα θα προηγηθεί η εκσκαφή του εδάφους και η απομάκρυνση του εδαφικού υλικού συνοδευόμενη από την κατασκευή της εξυγιαντικής στρώσης 30 εκατοστών, αφού η πίστα θα κατασκευαστεί σε πεδινό έδαφος.



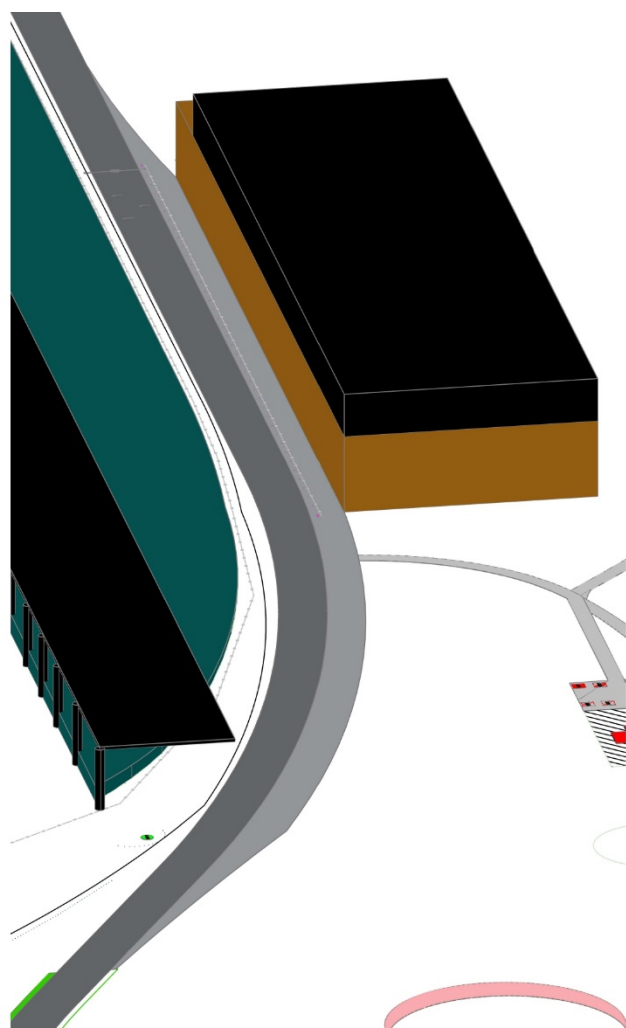
Εικόνα 5.22, Πάχος Οδοστρωσίας

- A. Πάχος Αντιολισθηρής στρώσης πάχους 4 εκατοστών
- B. Πάχος Ασφαλτικής στρώσης κυκλοφορίας πάχους 4 εκατοστών
- C. Πάχος Ασφαλτικής στρώσης βάσης πάχους 5 εκατοστών
- D. Πάχος Καλά Διαβαθμισμένου Υλικού ( $3^A$ ) υλικό βάσης-υπόβασης σε στρώσεις των 10 εκατοστών συνολικού πάχους 30 εκατοστών
- E. Πάχος Εξυγιαντικής Στρώσης 30 εκατοστών

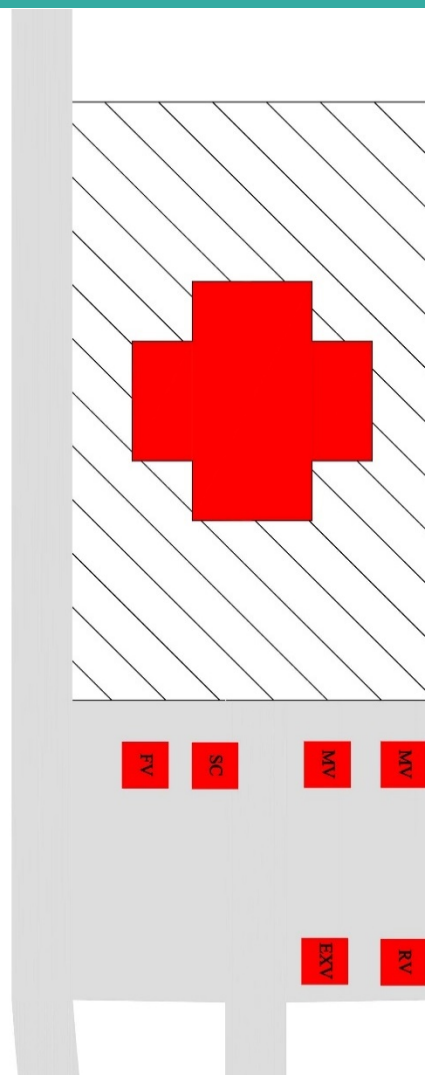
## 5.5 Υποδομές

Για την άρτια λειτουργία της πίστας πρέπει να υπάρχουν και οι κατάλληλες υποδομές για την υποστήριξη τους. Αυτές σχεδιαστήκανε μέσω AutoCAD. Τα μεγέθη τους είναι παρόμοια με αυτά των υφιστάμενων πιστών. Πιο σημαντικό απ' όλα είναι το κτήριο των συνεργείων (Pit Stop) (Εικόνα 5.23). Εκεί στεγάζονται τα συνεργεία των αυτοκινήτων. Η είσοδος και η έξοδος σε αυτά πρέπει να γίνεται ομαλά και με ασφάλεια και για αυτό έγινε αυτή η διαρρύθμιση. Επάνω από τα συνεργεία θα μπορούσε να φιλοξενηθεί και μια μικρή ομάδα θεατών.

Άλλο ένα απαραίτητο κτήριο για τη διεξαγωγή ενός αγώνα είναι το Κέντρο Υγείας (Εικόνα 5.24). Βρίσκεται κεντρικά της περιμέτρου και συνδέεται με κάθε άκρη της πίστας για ταχεία πρόσβαση σε οποιοδήποτε σημείο της σε περίπτωση ανάγκης. Αυτός ο χώρος πρέπει να είναι εξοπλισμένος με όλα τα απαραίτητα ιατρικά μέσα και μηχανήματα για την χορήγηση πρώτων βοηθειών. Σε περίπτωση που κάποιος τραυματισμός είναι πιο σοβαρός, υπάρχει ένα ελικοδρόμιο για την στάθμευση ενός ελικοπτερού δίπλα για την άμεση μεταφορά του τραυματία στο κοντινότερο νοσοκομείο. Έξω από το Κέντρο Υγείας είναι και ο Χώρος Στάθμευσης των οχημάτων Έκτακτης Ανάγκης (Αυτοκίνητο Ασφαλείας, Ασθενοφόρο, Πυροσβεστικό Όχημα κτλ.). Ο λόγος που τοποθετήθηκε ο Χώρος Στάθμευσης εδώ είναι επειδή πάλι βρίσκεται κεντρικά της περιμέτρου, επομένως τα οχήματα Έκτακτης Ανάγκης θα έχουν άμεση πρόσβαση σε όλα τα σημεία της πίστας.

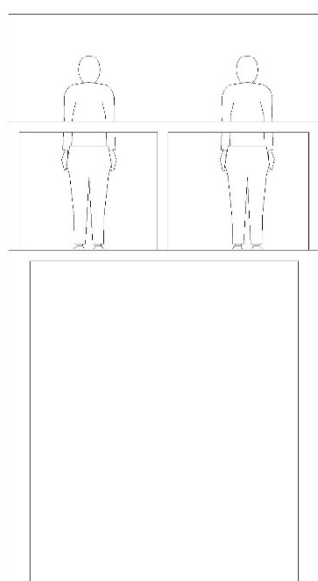


Εικόνα 5.23, Pit Stop



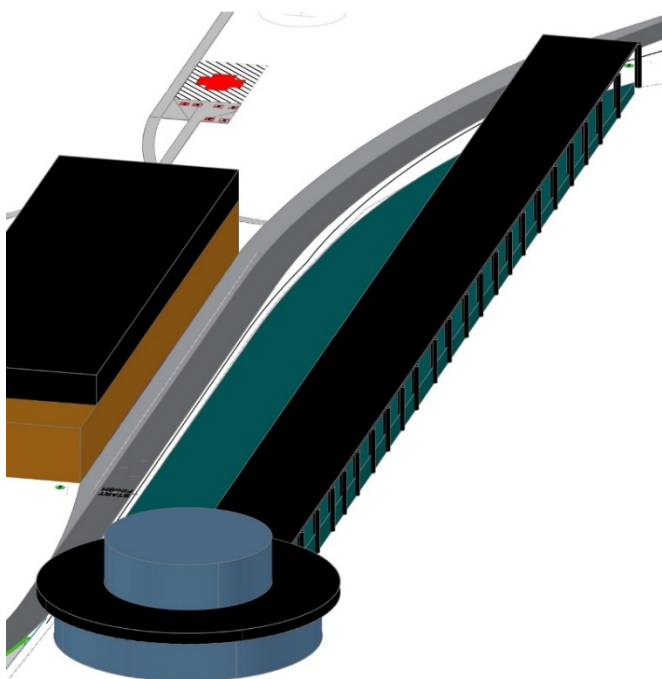
Εικόνα 5.24, Κέντρο Υγείας

Για την επίβλεψη του Αγώνα χρειάζονται και οι Επόπτες, έτσι ώστε να διασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία και σε περίπτωση ατυχήματος να ενημερώσουν έγκαιρα τους υπόλοιπους οδηγούς για την αποφυγή μεγαλύτερου ατυχήματος (Εντολή να μειώσουν ταχύτητα κτλ.). Η θέση των Εποπτών είναι στις Θέσεις Ασφαλείας (Εικόνα 5.25). Βρίσκονται σε ύψος τριών μέτρων, ώστε και να είναι αντιληπτοί από τους οδηγούς αλλά και να προστατεύονται από αυτούς. Στην Εικόνα 5.2 φαίνεται σε ποια σημεία έχουν τοποθετηθεί.



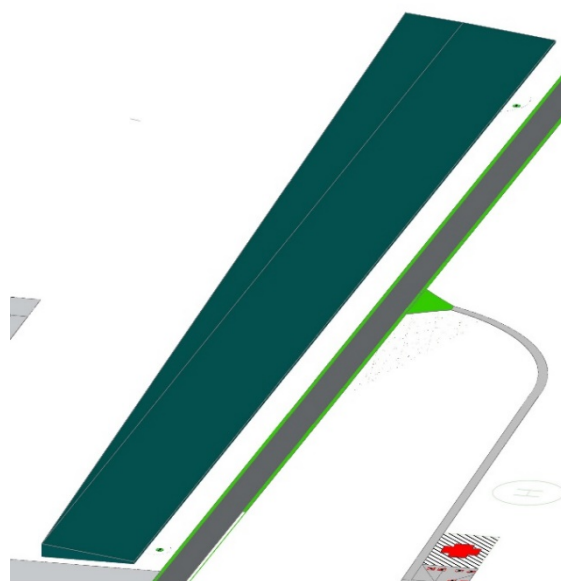
Εικόνα 5.25, Θέση Ασφαλείας

Φυσικά, εξίσου σημαντικό είναι το κτήριο του Control Room (Εικόνα 5.26). Από εκεί γίνεται η επίβλεψη όλου του Αγώνα. Συνηθίζεται να είναι επάνω ή δίπλα από τα Pit Stop. Εδώ, προτίμησα να μπει δίπλα από την κερκίδα για να μην εμποδίζει την ορατότητα των θεατών. Είναι ψηλότερο κτήριο από τις κερκίδες έτσι ώστε οι Διοργανωτές του Αγώνα να έχουν όσο το δυνατόν καλύτερη θέα.



Εικόνα 5.26, Control Room – Κερκίδες S1

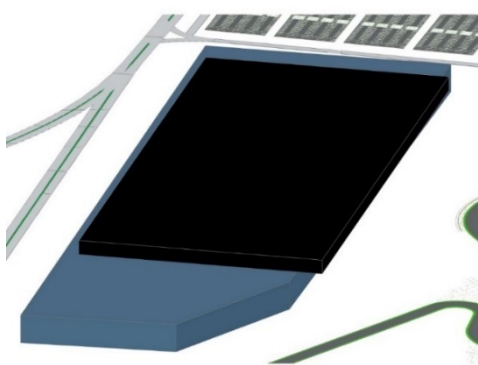
Στις δύο μεγάλες ευθείες (S1 – S11) τοποθετήθηκαν και οι κερκίδες. Στόχος είναι η χωρητικότητα να είναι τουλάχιστον 80.000 θεατές.



Εικόνα 5.27, Κερκίδες S11

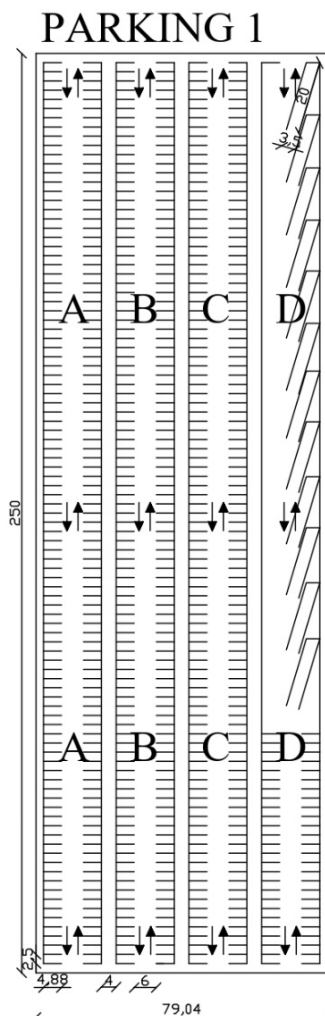
Στην εξωτερική περίμετρο της πίστας πρέπει να υπάρχει και ένα πάρκο αναψυχής, που θα συμπεριλαμβάνει ξενοδοχεία, εστιατόρια καφετέριες κτλ. (Εικόνα 5.28). Επίσης, θα πρέπει να υπάρχει και

αρκετά μεγάλος χώρος για στάθμευση των οχημάτων των θεατών. Στην Εικόνα 5.29 φαίνεται η διαρρύθμιση του χώρου στάθμευσης που σχεδιάστηκε, καθώς και οι διαστάσεις που επιλέχθηκαν για τον χώρο που χρειάζονται τα αυτοκίνητα και τα λεωφορεία. Σε αυτή τη διαρρύθμιση υπάρχουν θέσεις για 720 αυτοκίνητα και για 12 λεωφορεία. Άρα τοποθετήθηκαν εξωτερικά της περιμέτρου της πίστας δέκα χώροι στάθμευσης με τις παραπάνω χωρητικότητες. Δηλαδή θα μπορούν να σταθμεύσουν 7.200 αυτοκίνητα και 120 λεωφορεία. Οι πέντε χώροι στάθμευσης θα είναι κοντά στη κερκίδα που βρίσκεται παράλληλα της ευθείας S1 και οι άλλοι πέντε στη κερκίδα της ευθείας S11. Ο αριθμός των οχημάτων που μπορούν να εξυπηρετηθούν είναι ικανοποιητικός σύμφωνα με τη μελέτη που έγινε στο προηγούμενο Κεφάλαιο. Στη πίστα του Μπαχρέιν, για 50.000 θεατές υπάρχουν 9.000 θέσεις στάθμευσης. Αυτός ο αριθμός κρίνεται υπερβολικός σε σύγκριση με τις άλλες πίστες. Στο Σίλβερστον για παράδειγμα, ενώ μπορεί να φιλοξενήσει μέχρι και

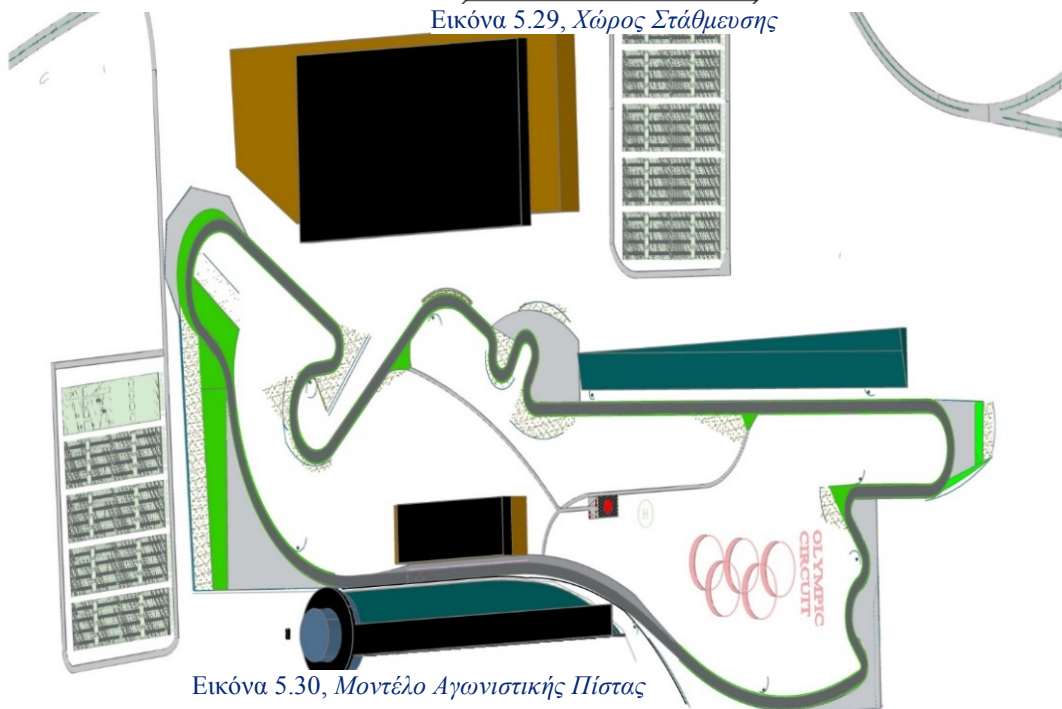


Εικόνα 5.28, Πάρκο Αναψυχής

140.000 θεατές οι θέσεις στάθμευσης είναι 5.000 οχήματα. Επομένως, σε αυτή την περίπτωση, για 80.000 θεατές, 7.320 θέσεις στάθμευσης για οχήματα είναι επαρκής.



Εικόνα 5.29, Χώρος Στάθμευσης



Εικόνα 5.30, Μοντέλο Αγωνιστικής Πίστας

Στην Εικόνα 5.30 φαίνεται η συνολική διαρρύθμιση της πίστας. Όλη η περίμετρος της πίστας είναι κλειστή με φράχτη ύψους τεσσάρων μέτρων.



Εικόνα 5.31, Φωτορεαλιστική Απεικόνιση 1

Στην Εικόνα 5.31 παρουσιάζεται ένα φωτορεαλιστικό σχέδιο της ευθείας S1. Η δημιουργία αυτού του σχεδίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Lumion. Αριστερά βρίσκεται η βασική και μεγαλύτερη κερκίδα της πίστας. Το σχέδιο της και η διάταξη της έχει απλή μορφή για να εξυπηρετεί το μεγάλο πλήθος εύκολα. Επίσης, αυτή η κερκίδα στεγάζεται για προστασία από τα καιρικά φαινόμενα, όπως τη βροχή. Έχει τοποθετηθεί στο μπροστινό μέρος αυτής της κερκίδας και φράχτης ύψους τεσσάρων μέτρων για επιπλέον προστασία του κοινού. Στην απέναντι μεριά, στα δεξιά της εικόνας, βρίσκονται οι σουίτες, οι οποίες θα εξυπηρετούν διακεκριμένους θεατές. Επιπλέον, προτείνεται σε αυτό το μέρος να βρίσκονται και οι χώροι που θα στεγάζουν τους δημοσιογράφους που θα καλύπτουν την τηλεοπτική κάλυψη του αγώνα. Κάτω από αυτή την κερκίδα βρίσκονται τα Πιτ Στοπ, τα συνεργεία δηλαδή των ομάδων που θα αγωνίζονται. Πάλι εδώ έχει τοποθετηθεί φράχτης ύψους τεσσάρων μέτρων. Κεντρικά αυτής της εικόνας είναι το οδόστρωμα. Αριστερά και δεξιά βρίσκονται τα τοιχία που αποτελούν εμπόδια σε αυτή την ευθεία. Όπως συμβαίνει σχεδόν σε όλες τις αγωνιστικές πίστες, αυτά τα τοιχία χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και ως διαφημιστικές πινακίδες. Στο σημείο της εκκίνησης τοποθετήθηκαν και τα φανάρια εκκίνησης. Είναι σημαντικό να είναι ορατά τα φανάρια, για αυτό τοποθετήθηκαν σε ύψος τεσσάρων μέτρων. Τα υποστυλώματα στα οποία στηρίζεται ο σκελετός που βρίσκονται τα φανάρια εκκίνησης, έχουν πλαισιωθεί εξωτερικά του φράχτη. Διαφορετικά θα ήταν επικίνδυνο για τα αγωνιστικά αυτοκίνητα να συγκρουστούν πάνω σε αυτά. Για καλύτερη κατανόηση του μεγέθους της πίστας, αλλά και για αισθητικούς λόγους, στην εικόνα παρουσιάζεται και ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο τύπου Φόρμουλα 1.

Στην Εικόνα 5.32, πάλι απεικονίζεται η ευθεία S1 από πλάγια όψη. Διακρίνονται καλύτερα στο φόντο αυτή τη φορά οι σουίτες, οι κερκίδες και τα Πιτ Στοπ.



Εικόνα 5.32, Φωτορεαλιστική Απεικόνιση 2

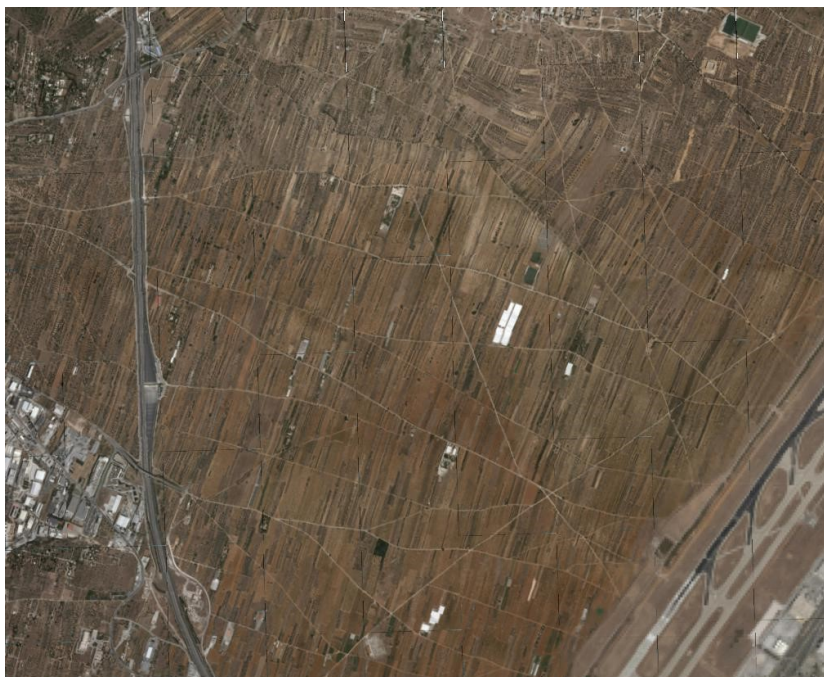
Στην Εικόνα 5.33, είναι στην ουσία η ίδια εικόνα με την Εικόνα 5.31, απλώς σε νυχτερινή λήψη. Πολλοί αγώνες, ακόμα και αγώνες Φόρμουλα 1 πραγματοποιούνται το βράδυ. Αυτό συμβαίνει συνήθως στις πίστες του Κατάρ και του Άμπου Ντάμπι.



Εικόνα 5.33, Φωτορεαλιστική Απεικόνιση 3

## 5.6 Τοποθεσία

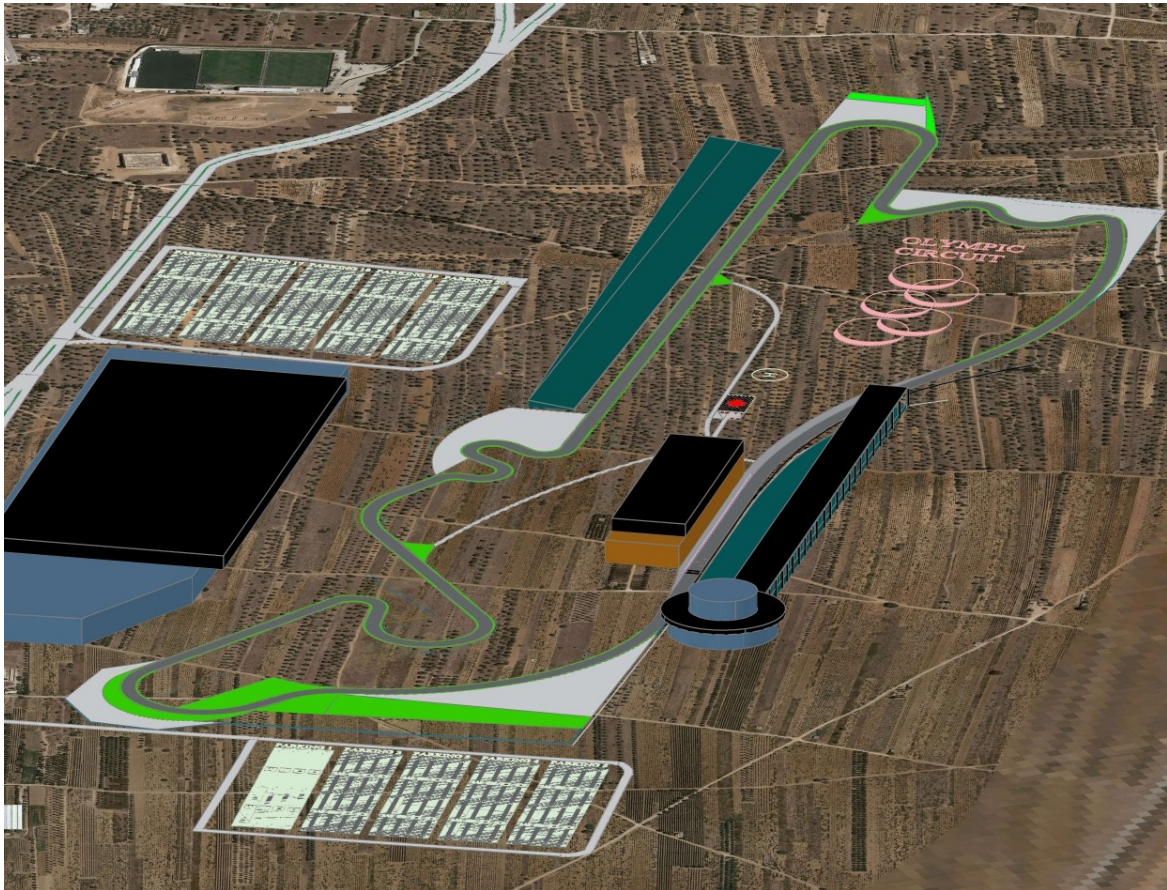
Αφού ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός και όλη η διαρρύθμιση της πίστας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές και κανονισμούς της FIA, έπρεπε να βρεθεί και η κατάλληλη περιοχή στην Ελλάδα που θα μπορούσε να υλοποιηθεί αυτό το σχέδιο. Αυτός εξάλλου είναι και ο στόχος της διπλωματικής. Η εύρεση της σωστής τοποθεσίας δεν ήταν και τόσο εύκολη υπόθεση όσο φαίνεται. Η έκταση που καταλαμβάνει η πίστα είναι περίπου δύο τετραγωνικά χιλιόμετρα. Ιδανικά, θα πρέπει τα δύο τετραγωνικά χιλιόμετρα που θα καταληφθούν να είναι σε πεδινό έδαφος για να περιοριστούν στο ελάχιστο οι χωματισμοί. Αυτό δε θα έχει μόνο οικονομικά οφέλη στη κατασκευή, αλλά και μικρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σε μία χώρα σαν τη δικιά μας, που είναι κυρίως ορεινή, είναι κατανοητό πως δεν υπάρχουν πολλές επιλογές. Μία λογική λύση θα ήταν να βρεθεί κάποιο μέρος στην κεντρική Ελλάδα ή στην Πελοπόννησο που υπάρχουν κάποιες πεδινές περιοχές. Πάραυτα, αποφασίστηκε πως το πιο σωστό μέρος είναι στα Σπάτα Αττικής, δίπλα από



Εικόνα 5.34, Σπάτα, Δυτικά του Αεροδρομίου

το αεροδρόμιο (Εικόνα 5.34). Είναι προφανώς πεδινή περιοχή, επομένως οι χωματισμοί δε θα είναι μεγάλοι. Το βασικό όμως πλεονέκτημα που έχει με κάποιο άλλο πεδινό μέρος στην ηπειρωτική Ελλάδα είναι η ύπαρξη υποδομών, όπως αυτοκινητόδρομοι και ξενοδοχεία καθώς επίσης και η δυνατότητα προσέγγισης των θεατών με μέσα μαζικής μεταφοράς (Λεωφορεία, προαστιακό, μετρό κτλ.). Εάν δεν υπήρχαν, θα απαιτούσαν η κατασκευή τους, κάτι το οποίο είναι πολύ δαπανηρό. Δε πρέπει να ξεχνάμε πως οι αγώνες Φόρμουλα 1 προσελκύουν δεκάδες χιλιάδες θεατές απ' όλο τον κόσμο και διαρκούν τρεις μέρες. Στα Σπάτα, είναι το αεροδρόμιο το οποίο θα

μπορεί να εξυπηρετεί τους θεατές που έρχονται από μακριά. Επίσης στο αεροδρόμιο υπάρχουν ήδη ξενοδοχεία τα οποία θα μπορούσαν να φροντίσουν και για τη διαμονή τους. Άλλο ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η κοντινή απόσταση με την πρωτεύουσα, την Αθήνα. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει ήδη εύκολη πρόσβαση. Υπάρχει η Αττική Οδός που επικοινωνεί απευθείας με το αεροδρόμιο, συνεπώς οι θεατές που θα έρχονται οδικώς θα έρχονται ξεκούραστα. Υπάρχει επίσης καλή επικοινωνία και με τα ΜΜΜ. Και το Μετρό επικοινωνεί απευθείας με αυτή την περιοχή αλλά υπάρχουν και Αστικά Λεωφορεία που κάνουν συνεχώς δρομολόγια όλο το εικοσιτετράωρο. Σίγουρα θα χρειαστούν κάποιες νέες υποδομές, όπως κάποιοι δρόμοι για την άμεση σύνδεση της περιμέτρου της πίστας, αλλά η πλειονότητα των υποδομών που χρειάζονται υπάρχουν ήδη. Στην Εικόνα 5.35 είναι το Μοντέλο της πίστας στην ακριβή περιοχή που θα μπορούσε να κατασκευαστεί. Στην Εικόνα 5.36 φαίνονται επίσης και οι δρόμοι που προτείνονται να κατασκευαστούν για την σύνδεση της πίστας με το ήδη υπάρχον οδικό δίκτυο. Αυτοί οι δρόμοι έχουν σχεδιαστεί πάνω σε ήδη μικρότερους επαρχιακούς δρόμους έτσι ώστε οι απαλλοτριώσεις να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες.



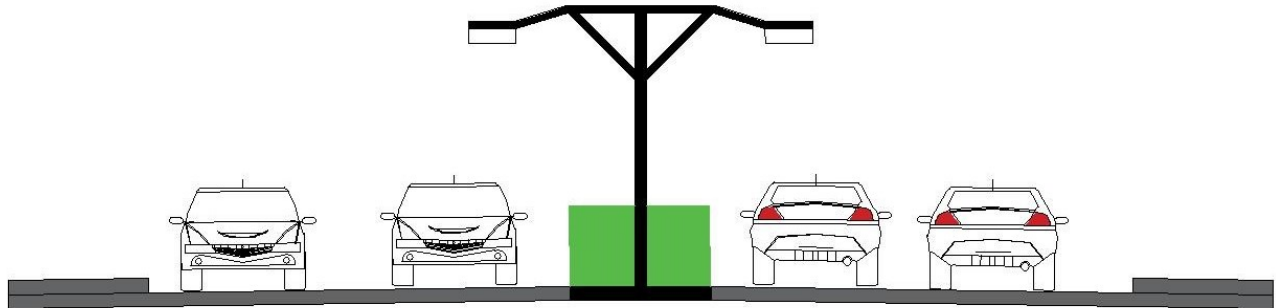
Εικόνα 5.35, Μοντέλο της Αγωνιστικής Πίστας στα Σπάτα



Εικόνα 5.36, Σύνδεση της Αγωνιστικής Πίστας με το Οδικό Δίκτυο



Οι δρόμοι που σχεδιάστηκαν θα συνδέουν το οδικό δίκτυο απευθείας με τους χώρους στάθμευσης. Προτείνεται να έχουν δύο λωρίδες (3,50 μέτρα πλάτος η κάθε λωρίδα) η κάθε κατεύθυνση για αποφυγή κυκλοφοριακής συμφόρησης στις ώρες αιχμής, όπως φαίνεται στη τυπική διατομή στην Εικόνα 5.37.



Εικόνα 5.37, Τυπική Διατομή Δρόμου

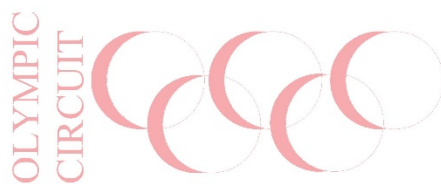
Στην άκρη του δρόμου υπάρχει και ένας χώρος με πλάτος δύο μέτρα που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν πεζοδρόμιο ή ακόμα και σαν ποδηλατοδρόμος.



Εικόνα 5.38, Φωτορεαλιστική Απεικόνιση 4

## 6. Συμπεράσματα

Ο στόχος αυτής της διπλωματικής είναι πρωτίστως να γίνει μία διερεύνηση του κανονιστικού πλαισίου που διέπει το σχεδιασμό αγωνιστικών πιστών και αφετέρου να αξιολογηθούν οι υποδομές και ο γεωμετρικός σχεδιασμός που παρουσιάζουν οι υφιστάμενες αγωνιστικές πίστες και να αναδειχθεί η δυνατότητα κατασκευής αγωνιστικής πίστας Κατηγορίας 1 στην Ελλάδα. Για αυτό τον λόγο, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των κανονισμών και προδιαγραφών της FIA, ώστε να γίνουν κατανοητές οι προϋποθέσεις για την αδειοδότηση και λειτουργία μιας αγωνιστικής πίστας υψηλού επιπέδου και πραγματοποιήθηκε η μελέτη τεσσάρων ήδη υφισταμένων αγωνιστικών πιστών. Στη συνέχεια, συσχετίστηκε μαθηματικά η ακτίνα στροφής μιας πίστας με την ταχύτητα των αγωνιστικών αυτοκινήτων. Από αυτή τη συσχέτιση προκύπτει μια μαθηματική εξίσωση με την οποία μπορεί να γίνει μία βάσιμη εκτίμηση της ταχύτητας των αγωνιστικών αυτοκινήτων στις στροφές. Η διερεύνηση βασίστηκε σε στοιχεία που συλλέχτηκαν κατόπιν της μελέτης που πραγματοποιήθηκε σχετικά με τις ταχύτητες των αγωνιστικών αυτοκινήτων στις υφιστάμενες αγωνιστικές πίστες. Τέλος, προτάθηκε η κατασκευή αγωνιστικής πίστας Κατηγορίας 1 στην Ελλάδα που θα πληροί πλήρως τις προδιαγραφές και θα δύναται να είναι εντελώς λειτουργική. Παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα σχέδια της, όπως ορίζει η FIA. Πραγματοποιήθηκε μελέτη για την εύρεση της ιδανικής τοποθεσίας καθώς και για τη σύνδεσή της με το ήδη υπάρχον οδικό δίκτυο.



Εικόνα 6.1, *Olympic Circuit Logo*

Το σχέδιο της αγωνιστικής πίστας που παρουσιάστηκε, αν και βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, πρέπει να θεωρείται αρκετά ρεαλιστικό και φαίνεται ξεκάθαρα ότι και η χώρα μας μπορεί να κάνει δυναμική είσοδο στον χώρο της ελίτ του Μηχανοκίνητου Αθλητισμού.

Το όνομα της πίστας προτείνεται να είναι Ολυμπιακή Πίστα (Olympic Circuit), δίνοντας βάση στην αθλητική ιστορία της χώρας μας. (Εικόνα 6.1)

Όσον αφορά τον υπολογισμό της ταχύτητας των αγωνιστικών αυτοκινήτων στις στροφές, η μελέτη που έγινε και η μαθηματική εξίσωση που προέκυψε, κρίνεται αντιπροσωπευτική και δίνει μία καλή προσέγγιση. Πέρα από το μέγεθος της ακτίνας της εκάστοτε στροφής, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα. Οι επικλίσεις στις στροφές σίγουρα συγκαταλέγονται σε αυτούς τους παράγοντες. Μεγαλύτερη επίκλιση σημαίνει πως τα αυτοκίνητα θα επηρεάζονται λιγότερο από την φυγόκεντρο δύναμη και θα μπορούν να διατηρούν μεγαλύτερη ταχύτητα. Αντίθετα, μικρότερη επίκλιση ή ακόμα χειρότερα, αντίθετη επίκλιση θα υποχρεώνει το αυτοκίνητο στη μείωση της ταχύτητας του για τη διατήρηση της πορείας του. Ένας άλλος παράγοντας είναι και η θερμοκρασία, και η εξωτερική αλλά

και αυτή των ελαστικών των αυτοκινήτων. Γενικώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα. Αυτό αποτελεί αντικείμενο πρόσθετης έρευνας.

Είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το κόστος της Αγωνιστικής Πίστας με ακρίβεια, μιας και αυτό εξαρτάται από πολλούς και διάφορους παράγοντες. Γενικώς, οι πίστες Κατηγορίας 1 κοστίζουν κατά προσέγγιση 50-60 εκατομμύρια ευρώ [26].

Στην παρούσα διπλωματική εργασία δόθηκε έμφαση κυρίως τον Γεωμετρικό Σχεδιασμό των αγωνιστικών πιστών. Φυσικά, όπως εξηγείται σε όλη την εργασία, μια αγωνιστική πίστα δεν εξαρτάται μόνο από την Γεωμετρία της και για τον επιτυχή σχεδιασμό της χρειάζονται και άλλες μελέτες.

#### ➤ Εμπόδια

Σημαντικό μέρος της πίστας, ίσως και το σημαντικότερο, είναι τα Εμπόδια που τοποθετούνται. Κακός σχεδιασμός σε αυτόν τον τομέα μπορεί να σημαίνει μέχρι και θανάσιμο τραυματισμό οδηγού σε περίπτωση ατυχήματος, ενώ θα μπορούσε να αποφευχθεί. Στο Κεφάλαιο 2.5 έχουν αναφερθεί κάποιες πληροφορίες για τα εμπόδια, αλλά κάθε περίπτωση είναι ξεχωριστή. Επίσης, είναι ένας τομέας που εξελίσσεται συνεχώς. Αυτή η μελέτη μπορεί να γίνεται παράλληλα με τυχόν μελέτες μηχανικών αγωνιστικών αυτοκινήτων, καθώς τα Εμπόδια συμπεριφέρονται ανάλογα με το αμάξωμα του αυτοκινήτου, τα οποία και αυτά εξελίσσονται ραγδαία. Η FIA θεωρεί την μελέτη των Εμποδίων στις πίστες ως μία από τις πιο σημαντικές που μπορούν να γίνουν κατά τον σχεδιασμό μιας πίστας. Πολλές φορές μάλιστα παρεμβαίνει και η ίδια αν θεωρεί ότι μπορεί να βελτιώσει κάτι πάνω σε αυτό τον τομέα. Πραγματοποιούνται επίσης πολλές δοκιμές, με διάφορα αγωνιστικά αυτοκίνητα να χρησιμοποιούνται σε διάφορα είδη συγκρούσεων, με διάφορες γωνίες σύγκρουσης και ταχύτητες ώστε να εξάγονται όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά συμπεράσματα.

#### ➤ Αρχιτεκτονική στις Πίστες

Άλλος ένας σημαντικός τομέας είναι η αρχιτεκτονική όψη και αίσθηση της πίστας. Στις μέρες μας, οι σύγχρονες πίστες αποτελούν στην ουσία μεγάλα υπερσύγχρονα πάρκα εφοδιασμένα με πολυτελή καταστήματα και ξενοδοχεία. Για έναν αρχιτέκτονα, ακόμα και σε μορφή διπλωματικής εργασίας,



Εικόνα 6.2, Jeddah Race Circuit

---

ο σχεδιασμός ενός τέτοιου πάρκου που θα περικλείει την αγωνιστική πίστα αποτελεί από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που μπορεί να συναντήσει. Συνηθίζεται να εναρμονίζονται τα κτήρια που βρίσκονται περιμετρικά της πίστας με την αρχιτεκτονική ιστορία και παράδοση της εκάστοτε περιοχής. Επομένως, για μία χώρα όπως η Ελλάδα, με πλούσια ιστορία και εξαιρετικά ενδιαφέρον αρχιτεκτονική, οι απαιτήσεις αλλά και οι προοπτικές είναι πολύ μεγάλες.

Ενδεχομένως, σε συνδυασμό με την αρχιτεκτονική μελέτη που θα μπορούσε να γίνει, ίσως θα μπορούσε να βρεθεί και κάποια εναλλακτική τοποθεσία για την κατασκευή της. Στο Κεφάλαιο 5.6, η τοποθεσία επιλέχθηκε κυρίως βάση της λειτουργικότητά της και όχι τόσο βάση της αισθητικής της περιοχής. Ίσως θα μπορούσε να επιλεγεί μια διαφορετική τοποθεσία. Πολλές πίστες υψηλού επιπέδου κατασκευάζονται σε παραθαλάσσια μέρη. Επίσης, σε αυτά τα μέρη κατασκευάζονται και μαρίνες για να υποδέχονται ιδιωτικά σκάφη των διακεκριμένων θεατών.

#### ➤ Εκμετάλλευση Πιστών

Μία πίστα Κατηγορίας 1, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τύπου Μηχανοκίνητου Αγώνα, ίσως με κάποιες μικρές τροποποιήσεις. Επομένως, σε μία τέτοια πίστα δε θα μπορούμε να βλέπουμε μόνο αγώνες Φόρμουλα 1. Συνηθίζεται, για να είναι και οι μικρότερης κατηγορίας αγώνες θεαματικοί και ανταγωνιστικοί, ακόμα και μέσα στην περίμετρο της πίστας να υπάρχουν και μικρότερες πίστες. Αυτές οι μικρότερες πίστες κάποιες φορές μπορεί και να συνδέονται σε κάποια σημεία και με την βασική διάταξη της πίστας. Σε μία τέτοια πίστα στην Ελλάδα θα μπορούσε και να πραγματοποιηθεί η ειδική διαδρομή για το Ράλι Ακρόπολης, μιας και το WRC επέστρεψε στη χώρα μας.

#### ➤ Συντήρηση Πιστών

Για να φιλοξενεί υψηλού επιπέδου αγώνες μία πίστα, δεν αρκεί να ικανοποιεί τις προδιαγραφές της FIA για την πιστοποίηση της για Κατηγορία 1. Κάθε σύντομο χρονικό διάστημα η FIA αναθεωρεί τις άδειες που παραχωρεί σε τέτοιες πίστες και τις ξανά ελέγχει για την εκ νέου παραχώρηση της άδειας. Ο έλεγχος αφορά κυρίως στη συντήρηση της πίστας, όπως την κατάσταση του οδοστρώματος. Πρόσφατα μάλιστα, πραγματοποιήθηκε εκ νέου ασφαλτόστρωση στην πίστα του Σίλβερστον, με την σχεδίαση αλλά και την υλοποίηση της να γίνεται με πρωτοποριακό τρόπο και με πολύ σύγχρονα μέσα. Οι μηχανικοί, αποτύπωσαν το προφίλ της πίστας σε τρισδιάστατο μοντέλο. Αυτό τους επέτρεψε να παρατηρήσουν τυχών ατέλειες στις οποίες οφειλόταν σε κάποια σημεία η κακή απορροή υδάτων ή ακόμα και κάποια ατυχήματα. Στο νέο προφίλ της πίστας, η διεξαγωγή των αγώνων θα γίνεται πιο ομαλά και με λιγότερα προβλήματα.[25] Άλλο ένα θέμα που εξετάζει η FIA είναι και η άποψη που έχουν για την πίστα οι οδηγοί αλλά και οι θεατές. Πολύ επικίνδυνη πίστα ή από την άλλη όχι και τόσο θεαματική πίστα θα έχει ως αποτέλεσμα να υποχρεώσει η FIA τους διοργανωτές να αλλάξουν ακόμα και την διάταξη της οριζοντογραφίας της πίστας, όπως συνέβη στην πίστα στο Άμπου Ντάμπι. Εν κατακλείδι, για μία πίστα τέτοιου επιπέδου δεν είναι αρκετό να γίνουν μελέτες και κατάλληλες έρευνες μόνο για την κατασκευή της, αλλά να συνεχίζεται η παρακολούθησή της εφόρου ζωής για την διασφάλιση της ως πιστοποιημένη πίστα Κατηγορίας 1.

# 7. Αναφορές

## 7.1 Βιβλιογραφία - Πηγές

- ❖ Αυτοκινητοδρόμιο Σερρών

[1]<https://serrescircuit.gr/about-us/track/specifications/>

- ❖ Adapt network

[2] How do F1 drivers prepare for the effects of G-Force?

<https://www.adaptnetwork.com/sports/motorsports/how-do-f1-drivers-prepare-for-the-effects-of-g-force/#:~:text=Carlos%20Sainz%20could%20be%20forgiven%20for%20thinking%20his,stay%20in%20peak%20condition%20and%20withstand%20the%20forces>

- ❖ Autodroma Imola

[3][www.autodromoimola.it](http://www.autodromoimola.it)

[4]<https://live.planetf1.com/f1-gp-tracks/imola>

[5]<https://www.racingcircuits.info/europe/italy/imola.html#.YcDkYZJxfpo>

[6][https://en.wikipedia.org/wiki/Imola\\_Circuit](https://en.wikipedia.org/wiki/Imola_Circuit)

[7][https://www.youtube.com/watch?v=\\_acrCQuCy-8](https://www.youtube.com/watch?v=_acrCQuCy-8)

- ❖ Autódromo José Carlos Pace, (Interlagos Circuit)

[8][www.autodromodeinterlagos.com.br](http://www.autodromodeinterlagos.com.br)

[9]<https://live.planetf1.com/f1-gp-tracks/interlagos%2c-sao-paulo>

[10][www.wikipedia.org/wiki/Interlagos\\_Circuit](http://www.wikipedia.org/wiki/Interlagos_Circuit)

[11]<https://www.racingcircuits.info/south-america/brazil/interlagos.html#.YcDktZJxfpo>

[12]<https://www.youtube.com/watch?v=Z18-IW4J7wU>

- ❖ Bahrain Circuit

[13][www.bahraingp.com](http://www.bahraingp.com)

[14]<https://live.planetf1.com/f1-gp-tracks/bahrain>

[15]<https://www.racingcircuits.info/middle-east/bahrain/bahrain-international-circuit.html#.YcDkiZJxfpo>

[16][https://en.wikipedia.org/wiki/Bahrain\\_International\\_Circuit](https://en.wikipedia.org/wiki/Bahrain_International_Circuit)

[17]<https://www.youtube.com/watch?v=xTezG7LJL5o>

- ❖ BBC

Formula 1: Where does all the money go?

[26]<https://www.bbc.com/sport/formula1/29905081>

- ❖ Blueprint box

formula 1 regulation drawings 2009 - BlueprintBox.com - Free Plans and Blueprints of Cars, Trailers, Ships, Airplanes, Jets, Scifi and more.

[19][https://blueprintbox.com/details.php?image\\_id=22831](https://blueprintbox.com/details.php?image_id=22831)

- 
- ❖ FIA REVEALED: The track changes aimed at improving overtaking at Abu Dhabi's Yas Marina Circuit  
 [20] <https://www.formula1.com/en/latest/article.revealed-the-track-changes-aimed-at-improving-overtaking-at-abu-dhabis-yas.rejS8Xxbgoom5yPUInsek.html>
  
  - ❖ F1  
 [21] [www.formula1.com](http://www.formula1.com)
  
  - ❖ Grand Prix  
 [22] [www.grandprix.com](http://www.grandprix.com)
  
  - ❖ Live Planet F1  
 [4] <https://live.planetf1.com/f1-gp-tracks/imola>  
 [9] <https://live.planetf1.com/f1-gp-tracks/interlagos%2c-sao-paulo>  
 [14] <https://live.planetf1.com/f1-gp-tracks/bahrain>  
 [15] <https://live.planetf1.com/f1-gp-tracks/silverstone>
  
  - ❖ J.M. Harrington Asphalt Paving Inc.  
 [16] [www.harringtonasphaltpaving.com](http://www.harringtonasphaltpaving.com)
  
  - ❖ Motor Trend  
 [17] [www.motortrend.com/racing/circuit/pavement](http://www.motortrend.com/racing/circuit/pavement)
  
  - ❖ [18] RACING CIRCUITS AND THEIR GEOMETRIC DESIGN CHARACTERISTICS  
 Professional Paper  
 1 November 2019  
 Kmoniček, H, Ruška, F, Barišić, I
  
  - ❖ Racing Circuits Info  
 [19] <https://www.racingcircuits.info/europe/united-kingdom/silverstone.html>  
 [5] <https://www.racingcircuits.info/europe/italy/imola.html#.YcDkYZJxfpo>  
 [15] <https://www.racingcircuits.info/middle-east/bahrain/bahrain-international-circuit.html#.YcDkiZJxfpo>  
 [11] <https://www.racingcircuits.info/south-america/brazil/interlagos.html#.YcDktZJxfpo>
  
  - ❖ Silverstone Circuit  
 [20] [www.silverstone.co.uk](http://www.silverstone.co.uk)  
 [15] <https://live.planetf1.com/f1-gp-tracks/silverstone>  
 [19] <https://www.racingcircuits.info/europe/united-kingdom/silverstone.html>  
 [21] [https://en.wikipedia.org/wiki/Silverstone\\_Circuit](https://en.wikipedia.org/wiki/Silverstone_Circuit)  
 [22] <https://www.youtube.com/watch?v=uLI2Mpdhc30>
  
  - ❖ Study Mafia  
 A Seminar report On F1 Track Design and Safety  
 [23] <https://studymafia.org/wp-content/uploads/2015/03/mech-F1-Track-Design-and-Safety-report>

---

❖ Wikipedia

[21][https://en.wikipedia.org/wiki/Silverstone\\_Circuit](https://en.wikipedia.org/wiki/Silverstone_Circuit)

[10][www.wikipedia.org/wiki/Interlagos\\_Circuit](http://www.wikipedia.org/wiki/Interlagos_Circuit)

[6][https://en.wikipedia.org/wiki/Imola\\_Circuit](https://en.wikipedia.org/wiki/Imola_Circuit)

[16][https://en.wikipedia.org/wiki/Bahrain\\_International\\_Circuit](https://en.wikipedia.org/wiki/Bahrain_International_Circuit)

[24][https://en.wikipedia.org/wiki/Hermann\\_Tilke](https://en.wikipedia.org/wiki/Hermann_Tilke)

[26] [https://en.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9d%C3%A9ration\\_Internationale\\_de\\_Motorsport](https://en.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9d%C3%A9ration_Internationale_de_Motorsport)

❖ Wirtgen Group

Machines and systems from Wirtgen, Vögele, Hamm and plants from Benninghoven resurface the Silverstone Circuit

[25]<https://www.wirtgen-group.com/en-global/magazine/the-road/passion/resurface-the-silverstone-circuit/>

❖ YouTube

[17]<https://www.youtube.com/watch?v=xTezG7LJL5o>

[22]<https://www.youtube.com/watch?v=uLI2Mpdhc30>

[12]<https://www.youtube.com/watch?v=Z18-IW4J7wU>

[7][https://www.youtube.com/watch?v=\\_acrCQuCy-8](https://www.youtube.com/watch?v=_acrCQuCy-8)

## 7.2 Λογισμικά

❖ AutoCAD

❖ Google Earth Pro

❖ Lumion

❖ Microsoft Office

❖ Plex Earth 5

---

## 8. Παραρτήματα

### Κανονισμοί & Προδιαγραφές της FIA

Εγινε μελέτη σε όλους τους Κανονισμούς και Παραρτήματα της FIA για να κριθούν ποιοι είναι αυτοί που αφορούν τη σχεδίαση της πίστας. Παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Αυτοί βρέθηκαν στο διαδικτυακό βιβλιοπωλείο στο [www.scribd.com](http://www.scribd.com).

- ❖ Παράρτημα Ο  
<https://www.scribd.com/document/20100317/Appendix-O-to-the-International-Sporting-Code>
- ❖ Παράρτημα Η  
<https://www.scribd.com/document/20100317/Appendix-H-to-the-International-Sporting-Code>
- ❖ ΟΜΟΕ-Χ  
<https://e-archimedes.gr/component/k2/item/3386->